



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECATRÓNICO**

**TEMA: “EVALUACIÓN TÉCNICA, OPTIMIZACIÓN Y
ACTUALIZACIÓN DEL CONTROL DE LOS SERVICIOS
AUXILIARES, CONTROLADORES E INSTRUMENTACIÓN
DEL TREN DE LAMINACIÓN BASCOTECNIA DE LA
EMPRESA ANDEC S.A.”**

AUTORES:

AULESTIA ESTRELLA, MARCOS SEBASTIÁN

NARVÁEZ BURBANO, RUBÉN PATRICIO

DIRECTOR: ING. XAVIER RODRIGUEZ

CODIRECTOR: ING. PAOLA LEON

SANGOLQUÍ

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
INGENIERÍA MECATRÓNICA

CERTIFICADO

ING. XAVIER RODRIGUEZ (DIRECTOR)

ING. PAOLA LEÓN (CODIRECTOR)

CERTIFICAN: Que el trabajo titulado “EVALUACIÓN TÉCNICA, OPTIMIZACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL CONTROL DE LOS SERVICIOS AUXILIARES, CONTROLADORES E INSTRUMENTACIÓN DEL TREN DE LAMINACIÓN BASCOTECNIA DE LA EMPRESA ANDEC S.A.”, realizado por Marcos Sebastián Aulestia Estrella y Rubén Patricio Narvárez Burbano, ha sido realizado en su totalidad y cumple normas estatutarias establecidas por la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército..

Sangolquí, 24/04/2015



**ING. XAVIER
RODRIGUEZ**

DIRECTOR



ING. PAOLA LEÓN

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

MARCOS SEBASTIÁN AULESTIA ESTRELLA

RUBÉN PATRICIO NARVÁEZ BURBANO

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “EVALUACIÓN TÉCNICA, OPTIMIZACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL CONTROL DE LOS SERVICIOS AUXILIARES, CONTROLADORES E INSTRUMENTACIÓN DEL TREN DE LAMINACIÓN BASCOTECNIA DE LA EMPRESA ANDEC S.A.”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando el derecho intelectual de terceros, conforme se encuentran en las citas que constan en las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 24 abril 2015

**MARCOS AULESTIA
E.**

RUBÉN NARVÁEZ B.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, MARCOS SEBASTIÁN AULESTIA ESTRELLA y

RUBÉN PATRICIO NARVÁEZ BURBANO.

DECLARAMOS QUE:

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo “EVALUACIÓN TÉCNICA, OPTIMIZACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE SERVICIOS AUXILIARES, CONTROLADORES E INSTRUMENTACIÓN DEL TREN DE LAMINACIÓN BASCOTECNIA DE LA EMPRESA ANDEC S.A.”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 24 abril 2015



**MARCOS AULESTIA
E.**



RUBÉN NARVÁEZ B.

DEDICATORIA

A toda la gente que me brindó su amistad y cariño, sin ellos no hubiera sido igual.

Marcos Aulestia.

DEDICATORIA

Se la dedico a la única persona que hizo posible estar donde estoy, a mi padre.

Patricio Narváez.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanas, que lo hicieron posible.

Marcos Aulestia E.

AGRADECIMIENTO

A mi madre, que estuvo constantemente dándome ánimos y fuerzas para seguir adelante, a mi hermana, un ejemplo a seguir que me inspira cada día y a mi padre, que hizo todo esto posible con esfuerzo y completo desinterés.

Rubén Narváez B.

INDICE

<i>TÍTULO DEL PROYECTO</i>	<i>i</i>
<i>CERTIFICADO</i>	<i>ii</i>
<i>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</i>	<i>iii</i>
<i>AUTORIZACIÓN</i>	<i>iv</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>v</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i>	<i>vii</i>
<i>INDICE</i>	<i>ix</i>
<i>INDICE DE FIGURAS</i>	<i>xiii</i>
<i>INDICE DE TABLAS</i>	<i>xvi</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>xviii</i>
CAPITULO I	2
1.1. TÍTULO	2
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. GENERAL	5
1.4.2. ESPECÍFICOS	5
1.5. ALCANCE DEL PROYECTO	5
CAPITULO II	11
2.1. CONCEPTOS	11
2.1.1. TREN DE LAMIACIÓN	11
2.1.1.1. FACTORES INFLUYENTES EN LA LAMINACIÓN EN CALIENTE	11
2.1.1.2. PROCESO DE LAMINACIÓN EN CALIENTE	18
2.1.1.3. CONSTITUCIÓN DEL TREN DE LAMINACIÓN BASCOTECNIA	23
2.1.1.4. FACTORES INFLUYENTES EN LA LAMINACIÓN EN CALIENTE	28
2.1.1.5. PRODUCTOS ANDEC S.A.	35
2.1.2. LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SERVICIOS AUXILIARES	
38	
2.1.2.1. CENTRAL HIDRAULICA	41
2.1.2.2. CENTRAL DE LUBRICACIÓN	42
2.1.2.3. CENTRAL AIRE ACEITE	43
2.1.2.4. MOVIMIENTOS EN LAS CAJAS	44
CAPITULO III	49
3.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	49
3.2. ELEMENTOS	49
3.2.1.1. MOTORES	49

3.2.1.2.	BOMBAS	50
3.2.1.3.	RESERVORIO Y ACEITE	50
3.2.1.4.	INTERCAMBIADOR DE CALOR	52
3.2.1.5.	FILTROS	53
3.2.2.	ACCESORIOS	55
3.2.2.1.	CILINDROS Y BOMBAS HIDRÁULICAS	55
3.2.2.2.	VÁLVULAS	61
3.2.2.3.	TUBERÍAS	62
3.3.	MANTENIMIENTO	62
3.4.	EVALUACIÓN DEL SISTEMA	65
3.4.1.	MEDICIONES DE ESPESORES EN TUBERÍAS	66
3.4.1.1.	CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN LAS TUBERÍAS	74
3.4.1.2.	CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS	78
3.4.1.3.	ACCIONES RECOMENDADAS PARA CORREGIR CONDICIONES DE OPERACIÓN INEFICIENTE	80
3.4.1.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	83
CAPÍTULO IV		85
4.1	PROGRAMACIÓN ESCALERA	85
4.1.1.	<i>LENGUAJE KOP</i>	85
4.1.2.	<i>LENGUAJE AWL</i>	86
4.2.	DECLARACIÓN DE VARIABLES	86
4.2.1.	<i>SIMBOLOGÍA</i>	87
4.2.2.	<i>ESPACIOS DE MEMORIA</i>	87
4.3.	DIAGRAMAS DE FLUJO DEL CONTROL	88
4.3.1.	<i>SUBROUTINA CONDICIONES INICIALES</i>	90
4.3.2.	<i>SUBROUTINA CONDICIONES PERMANENTES</i>	90
4.3.3.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN INICIO</i>	92
4.3.4.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACION CONTROL DEL HIDRAULICO</i>	92
4.3.5.	<i>BLOQUES DE PROGRAMACIÓN CENTRAL DE LUBRICACIÓN</i> ...	95
4.3.6.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACION CENTRAL AIRE ACEITE</i>	97
4.3.7.	<i>BLOQUE DE ELABORACIÓN DE MARCADORES</i>	97
4.3.8.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACION AJUSTE DE LUZ</i>	98
4.3.9.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN CONEXIÓN CAJA CARDAN</i>	99
4.3.10.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN DESBLOQUEO PARCIAL CAJA</i> 100	
4.3.11.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN DESBLOQUEO TOTAL</i>	101
4.3.12.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN AJUSTE CANAL</i>	102
4.3.13.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN EXTRACCIÓN CAJA VERTICAL</i> 103	
4.3.14.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN MOVIMIENTOS JOG</i>	104
4.3.15.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN TRANSMISIÓN CONVERTIBLES</i> 105	
4.3.15.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN BLOQUEO DESBLOQUEO GIRO</i> 105	

4.3.16.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN CR SALIDA DEL HORNO.....</i>	106
4.3.17.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN TRANSFERIDOR DE PALANQUILLAS.</i>	107
4.3.18.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN EXPULSOR DE PALANQUILLA.</i>	108
4.3.19.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN CR ENTRADA TREN.</i>	109
4.3.20.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN ARRASTRADOR ENTRADA TREN.</i>	110
4.3.21.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN LOCAL REMOTO ENTRADA EL TREN.</i>	111
4.3.22.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN AGUA PASES.....</i>	112
4.3.23.	<i>BLOQUE DE PROGRAMACIÓN LISTO OPERATOR Y LISTOS A DANIELI.</i>	112
CAPITULO V		114
5.2.	DISEÑO	115
5.3.	RED.....	123
5.4.	SELECCIÓN DEL PLC	123
5.5.	SELECCIÓN DE MÓDULOS	126
5.6.	ACCESORIOS.....	131
5.7.	DISEÑO DE TABLERO Y PML.....	134
5.8.	COSTOS	141
CAPÍTULO VI.....		144
6.1.	INTERFACES HUMANO MÁQUINA SYSTEAM M.....	144
6.1.1.	<i>ARQUITECTURA.</i>	144
6.1.2.	<i>DISTRIBUCIÓN DE LAS PANTALLAS Y COLORES.....</i>	146
6.1.3.	<i>NAVEGACION.....</i>	147
6.2.	INTERFAZ HUMANO MÁQUINA DANIELI.	148
6.2.1.	<i>ARQUITECTURA.</i>	149
6.2.2.	<i>DISTRIBUCIÓN DE LAS PANTALLAS Y COLORES.....</i>	151
6.2.3.	<i>NAVEGACION.....</i>	152
6.3.	DISEÑO DE LA INTERFAZ HUMANO MÁQUINA.....	153
6.3.1.	<i>ARQUITECTURA.</i>	154
6.3.2.	<i>DISTRIBUCIÓN DE LAS PANTALLAS Y USO DE COLORES.....</i>	155
6.3.3.	<i>NAVEGACION.....</i>	157
6.3.4.	<i>USO DE LOS COLORES.....</i>	158
6.3.5.	<i>GRAFICOS DE TENDENCIAS Y TABLAS.</i>	159
6.3.6.	<i>COMANDOS E INGRESOS DE DATOS.....</i>	160
6.3.7.	<i>ALARMAS.....</i>	161
6.3.8.	<i>EVALUACION DE LA INTERFAZ.....</i>	162
CAPITULO VII		164
DISEÑO DE LA RED		164
7.1.	RED EN ANDEC S.A.	164

7.2.	PROFIBUS.....	164
7.3.	ETHERNET.....	166
7.4.	RED DEL PROYECTO.....	166
CAPÍTULO VIII.....		169
8.1.	COMUNICACIÓN ENTRE PLCSIM Y WONDERWARE INTOUCH.	169
8.2.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	174
8.2.1.	<i>SIMULACIÓN DEL SISTEMA HIDRAULICO.....</i>	<i>175</i>
8.2.2.	<i>SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN CAJAS 1-7.....</i>	<i>178</i>
8.2.3.	<i>SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN CAJAS 8-15.....</i>	<i>181</i>
8.2.4.	<i>INDICADORES MOVIMIENTOS HIDRAULICOS CAJAS 1-15 EN HMI.</i>	<i>182</i>
8.2.5.	<i>SIMULACIÓN MOVIMIENTOS HIDRAULICOS.....</i>	<i>183</i>
8.2.6.	<i>SIMULACIÓN DEL SISTEMA SALIDA DEL HORNO-ENTRADA AL TREN.</i>	<i>192</i>
8.2.6.1	<i>SIMULACIÓN DEL SISTEMA CAMINO DE RODILLOS A LA SALIDA DEL HORNO.....</i>	<i>192</i>
8.2.6.2	<i>SIMULACIÓN DEL SISTEMA TRANSFERIDOR DE PALANQUILLAS.....</i>	<i>194</i>
8.2.6.3	<i>SIMULACIÓN DEL SISTEMA EXPULSOR DE PALANQUILLAS.....</i>	<i>197</i>
8.2.6.4	<i>SIMULACIÓN DEL CAMINO DE RODILLOS A LA ENTRADA DEL TREN.....</i>	<i>198</i>
8.2.6.5	<i>SIMULACIÓN PINCH ROLL ENTRADA AL TREN.....</i>	<i>200</i>
8.2.6.	<i>SIMULACIÓN DEL SISTEMA AIRE ACEITE.....</i>	<i>201</i>
CAPÍTULO IX.....		203
9.1	CONCLUSIONES.....	203
9.2	RECOMENDACIONES.....	205
BIBLIOGRAFÍA.....		208
ANEXOS.....		210

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.- Pupitre Principal Laminación ANDEC S.A.	9
Figura 2. 1.- Fuerzas de Rodillos Laminadores.	12
Figura 2.2.- Rodillos Laminadores Vista Frontal.	13
Figura 2. 3.- Pastes del Rodillo Laminador.....	13
Figura 2.4.- Caja de Rodillos.	14
Figura 2.5.- Cajas Dúo.	15
Figura 2.6.- Cajas Trio.	16
Figura 2.7.- Cajas Cuarto.	16
Figura 2.8.- Cajas Múltiples.....	16
Figura 2.9.- Cajas Cilindros Múltiples Diámetro Diferente.....	17
Figura 2.10.- Caja Universal.	17
Figura 2.11.- Cajas Especiales.	17
Figura 2.12.- Hornos de Fosa.	19
Figura 2.13.- Pinzas para Palanquillas.	20
Figura 2.14.- Hornos Recuperativos.	21
Figura 2.15.- Varilla Corrugada.	22
Figura 2.16.- Varilla Soldable.....	35
Figura 2.17.- Armadura Conformada.....	37
Figura 2.18.- Alambrón.....	37
Figura 2.19.- Mallas Electro-Soldadas.....	38
Figura 2.20.- Central Hidráulica.	41
Figura 2.21.- Central Lubricación.....	42
Figura 2.22.- Central Aire Aceite.....	44
Figura 3.1.- Motores sistema hidráulico.	49
Figura 3.2.- Bombas de sistema hidráulico.....	50
Figura 3.3.- Partes de un reservorio de un sistema hidráulico. (Vickers, 2008).....	51
Figura 3.4.- Reservorio de sistema hidráulico.	52
Figura 3.5.- Intercambiador de calor del sistema hidráulico.....	52
Figura 3.6.- Esquema de filtro de aireación de depósito. (Planos Bascotécnia).	54
Figura 3.7.- Filtro de retorno de sistema hidráulico.....	55
Figura 3.8.- Cilindro hidráulico de bloqueo de caja.....	56
Figura 3.9.- a) Cilindro para subir/bajar Cassette de caja vertical dos. b) Ubicación de cilindro.	57
Figura 3. 10.- a) Cilindro carro longitudinal de caja vertical dos. b) Ubicación de cilindro.	57
Figura 3.11.- Cilindro hidráulico de Soporte cardán.....	58
Figura 3.12.- Cilindro hidráulico para bloqueo de ampuesas.	58
Figura 3.13.- Cilindro hidráulico para cambio de canal.	58
Figura 3.14.- Motor hidráulico para cambio de canal.....	59
Figura 3.15.- Cilindros hidráulicos para realizar giro de caja.....	59
Figura 3.16.- Cilindro hidráulico de bloqueo columna.	60
Figura 3.17.- Vástago de cilindro hidráulico árbol de transmisión.....	60

Figura 3.18.- Cilindro hidráulico árbol de transmisión.....	60
Figura 3. 19.- Rugosidad absoluta en tuberías de ciertos materiales.	75
Figura 3.20.- Esquema de distribución de tuberías.	75
Figura 3.21.- Equivalencias de longitudes rectas de accesorios. (Vickers, 2008)	79
Figura 4. 1.- Lenguaje KOP.....	85
Figura 4.2.- Lenguaje AWL.	86
Figura 4. 3.- Flujograma Bloque Organizacional.....	89
Figura 4.4.- Condiciones Iniciales de 8 bits.	90
Figura 4.5.- Condiciones Permanentes de 8 bits.	91
Figura 4. 6.- Flujograma BP Inicio.	92
Figura 4.7.- Flujograma BP Control del Hidráulico.	94
Figura 4. 8.- Flujograma BP Control Lubricación.	96
Figura 4.9.- Flujograma BP Control Aire Aceite.....	97
Figura 4.10.- Flujograma BP Marcadores.....	98
Figura 4.11.- Flujograma BP Ajuste de Luz.	99
Figura 4.12.- Flujograma BP Conexión Caja Cardan.	100
Figura 4.13.- Flujograma BP Desbloqueo Parcial.	101
Figura 4.14.- Flujograma BP Desbloqueo Total.	101
Figura 4.15.- Flujograma BP Ajuste Canal.....	103
Figura 4.16.- Flujograma BP Cilindro extracción cajas Verticales.	104
Figura 4.17.- Flujograma BP Movimientos JOG.....	104
Figura 4.18.- Flujograma BP Transmisión Convertibles.	105
Figura 4.19.- Flujograma BP Bloqueo Desbloqueo Giro Convertibles.	106
Figura 4.20.- Flujograma BP Camino de Rodillos Salida Tren.	107
Figura 4.21.- Flujograma BP Transferidor de Palanquillas.	108
Figura 4.22.- Flujograma BP Expulsor Palanquilla.	109
Figura 4.23.- Flujograma BP Camino de Rodillos Entrada Tren.....	110
Figura 4.24.- Flujograma BP Expulsor Palanquilla.	111
Figura 4.25.- Flujograma BP Local Remoto entrada al tren.	112
Figura 4.26.- Flujograma BP Local Remoto entrada al tren.	112
Figura 5.1.- PML a reemplazar entrada tren.....	117
Figura 5.2.- PML a reemplazar desbaste. (Fuente: Autores)	119
Figura 5.3.- PML a reemplazar intermedio. (Fuente: Autores).....	121
Figura 5.4.- PML a reemplazar acabador. (Fuente: Autores)	122
Figura 5.5.- Diagrama de red PLC - PML´s. (Obtenido de Tia tool selection).	123
Figura 5.6.- Distribución actual de PLC.	134
Figura 5.7.- Conector hembra para unir tableros por medio de cable plano.	135
Figura 5.8.- distribución de cables que pasan por el tablero.....	135
Figura 5.9.- Esquema inferior de tableros 1000 mm de ancho (Izq) y 800 mm de ancho (Der).....	136
Figura 6.1.- Distribución Pantallas Bascotecnia.	146
Figura 6.2.- Navegación Entre Ventanas Bascotecnia.	148
Figura 6.3.- Distribución Pantalla DANIELI.....	151
Figura 6. 4.- Navegación entre Ventanas DANIELI.....	153
Figura 6. 5.- Arquitectura GEDIS. (Ponsa & Granollers, 2009).....	154

Figura 6.6.- Arquitectura Sistemas Auxiliares.....	155
Figura 6.7.- Distribución Sub-Área Servicios Auxiliares.....	156
Figura 6.8.- Distribución Equipos Servicios Auxiliares.	156
Figura 6.9.- Distribución Confirmación Marcha.....	157
Figura 6.10.- Navegación Servicios Auxiliares.	157
Figura 7. 1.- Red final de proyecto. (Fuente: Autores).....	167
Figura 8. 1.- Hardware de simulación.	169
Figura 8.2.- IPs de simulación.	170
Figura 8.3.- PLCSim.	170
Figura 8.4.- DASSIDirect Server.	171
Figura 8.5.- Configuración DASSIDirect Server.....	171
Figura 8.6.- Configuración S7.....	172
Figura 8.7.- Configuración CP.....	172
Figura 8.8.- Configuración Device Groups.....	172
Figura 8.9.- Configuración Device Items.....	173
Figura 8.10.- Configuración Nettoplcsim.	173
Figura 8.11.- Configuración Access Name Intouch.....	174
Figura 8.12.- Enlace de tags con el Access Name.	174
Figura 8. 13.- Prueba manual encendido de bombas HCO.....	176
Figura 8. 14.- Prueba manual encendido de bombas LUB1.	178
Figura 8.15.- Prueba manual encendido de bombas LUB2.	181
Figura 8.16.- Pantalla Movimientos Hidráulicos cajas 1-15.....	183
Figura 8.17.- Simulación Manual CR salida horno.....	193
Figura 8.18.- Simulación Automático CR salida horno.....	194
Figura 8. 19.- Simulación Manual Transferidor de Palanquillas.	195
Figura 8.20.- Simulación Automático Transferidor de Palanquillas 1.....	196
Figura 8.21.- Simulación Automático Transferidor de Palanquillas 2.....	197
Figura 8.22.- Simulación Expulsor de Palanquillas.	198
Figura 8.23.- Simulación Camino de Rodillos entrada Tren Manual.	198
Figura 8.24- Simulación Camino de Rodillos entrada Tren Manual.	199
Figura 8. 25.- Simulación Pinch Roll Manual.	200
Figura 8.26- Simulación Automático Camino de rodillos Entrada Tren.	201
Figura 8.27- Simulación Aire Aceite.	202

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.....	30
Tabla 2.2.....	31
Tabla 2.3.....	33
Tabla 3.1.....	49
Tabla 3.2.....	51
Tabla 3.3.....	53
Tabla 3.4.....	54
Tabla 3.5.....	55
Tabla 3.6.....	61
Tabla 3.7.....	61
Tabla 3.8.....	63
Tabla 3.9.....	63
Tabla 3.10.....	66
Tabla 3.11.....	67
Tabla 3.12.....	67
Tabla 3.13.....	68
Tabla 3.14.....	69
Tabla 3.15.....	70
Tabla 3.16.....	70
Tabla 3.17.....	71
Tabla 3.18.....	71
Tabla 3.19.....	71
Tabla 3.20.....	72
Tabla 3.21.....	72
Tabla 3.22.....	72
Tabla 3.23.....	73
Tabla 3.24.....	73
Tabla 3.25.....	73
Tabla 3.26.....	74
Tabla 3.27.....	74
Tabla 3.28.....	80
Tabla 3.29.....	81
Tabla 3. 30.....	82
Tabla 4.1.....	87
Tabla 4. 2.....	88
Tabla 5. 1.....	116
Tabla 5. 2.....	118
Tabla 5.3.....	119
Tabla 5.4.....	121
Tabla 5. 5.....	124

Tabla 5.6.....	125
Tabla 5.7.....	127
Tabla 5.8.....	127
Tabla 5. 9.....	128
Tabla 5. 10.....	129
Tabla 5. 11.....	131
Tabla 5.12.....	132
Tabla 5. 13.....	132
Tabla 5.14.....	133
Tabla 5.15.....	137
Tabla 5.16.....	137
Tabla 5.17.....	138
Tabla 5.18.....	138
Tabla 5.19.....	139
Tabla 5. 20.....	140
Tabla 5.21.....	141
Tabla 5.22.....	141
Tabla 5.23.....	143
Tabla 6. 1.....	147
Tabla 6.2.....	152
Tabla 6.3.....	159
Tabla 6.4.....	160
Tabla 6.5.....	162
Tabla 8. 1.....	177
Tabla 8. 2.....	179
Tabla 8. 3.....	180
Tabla 8. 4.....	182
Tabla 8. 5.....	184
Tabla 8.6.....	185
Tabla 8.7.....	185
Tabla 8.8.....	186
Tabla 8.9.....	187
Tabla 8. 10.....	188
Tabla 8.11.....	188
Tabla 8.12.....	190
Tabla 8.13.....	190
Tabla 8.14.....	191

RESUMEN

ANDEC es una empresa de 50 años de trayectoria en el área siderúrgica, y actualmente se encuentra renovando los equipos para aumentar la producción y mejorar la disponibilidad del mismo con el menor impacto ambiental posible. La fábrica se encuentra en un proceso de mejoramiento por medio de implementación de equipos más sofisticados que permitan ser susceptibles a unificarse con otros elementos para compartir información además de ser flexibles al trabajar con ellos. Una de las metas de ANDEC es lograr aumentar la productividad del área de laminación, haciendo que sea capaz de producir 80 toneladas de productos de acero por hora. Para lograrlo, ANDEC debe aumentar la producción de materia prima (palanquillas), pero además, debe lograr que los sistemas mecánicos actuales del área de laminación sean capaces de producir la cifra marcada. Para ello, se debe modernizar el tren para acoplarlo a los nuevos requerimientos generados por esta necesidad. Entre los sistemas que deben ser modernizados están el Control de los sistemas auxiliares en Step 7, HMI de los sistemas auxiliares (central hidráulico, central aire aceite, centrales de lubricación y movimientos en cajas) y Controlador lógico programable.

PALABRAS CLAVES:

- **LAMINACIÓN.**
- **SERVICIOS AUXILIARES.**
- **FABRICA ACERÍA.**
- **PRODUCTOS LARGOS.**

SUMMARY

ANDEC is a 50-year career in the steel area, and is currently renovating the equipment to increase production and improve its availability with minimal environmental impact. Currently, the factory is in a process of improvement through implementation of more sophisticated equipment to be susceptible to unite with other elements to share information and is more flexible when working with them. One of the goals of ANDEC is to increase the productivity of the mill, making this is capable of producing 80 tons of steel products per hour. To achieve this, ANDEC should increase its production of raw materials are the billets, but besides that should make current mechanical systems rolling area is capable of producing the figure marked. To do this, you must upgrade the existing railway to attach to the new requirements generated by this need. Among the systems to be upgraded are the Control of auxiliary systems in Step 7 HMI auxiliary systems, programmable logic controller. Within all that encompasses the auxiliary systems of mill BASCOTECNIA are two main systems of lubrication, hydraulic station, central Air Oil, roller conveyor to the furnace exit and entrance of the train, hydraulic movements cylinder for functions of the boxes, PML local control stations for hydraulic movements in each case and a solenoid valve for the water sent to cooling channels and rollers of the train.

KEYWORDS:

- **LAMINATION.**
- **AUXILIARY.**
- **MANUFACTURING.**
- **LONG PRODUCTS.**

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. TÍTULO

Evaluación técnica, optimización y actualización del control de servicios auxiliares, controladores e instrumentación del Tren de laminación Bascotecnia de la empresa ANDEC S.A.

1.2. ANTECEDENTES

ANDEC es una empresa de 50 años de trayectoria en el área siderúrgica, y actualmente se encuentra renovando los equipos para aumentar la producción y mejorar la disponibilidad del mismo con el menor impacto ambiental posible.

Actualmente, la fábrica se encuentra en un proceso de mejora, implementando equipos más sofisticados que permitan trabajar en conjunto con otros elementos, compartir información y ser más flexibles al momento de trabajar con ellos.

Una de las metas de ANDEC es lograr aumentar la productividad del área de laminación, haciendo que este sea capaz de producir 80 toneladas de productos de acero por hora. Para lograrlo, ANDEC debe aumentar su producción de materia prima que son las palanquillas, pero además de eso debe lograr que los sistemas mecánicos actuales del área de laminación sean capaces de producir los valores requeridos. Para ello, se debe modernizar el tren existente para acoplarlo a los nuevos requerimientos generados por esta necesidad.

Entre los sistemas que deben ser sometidos a un estudio y evaluación técnica está el sistema hidráulico.

Entre los sistemas que deben ser modernizados están:

Control de los sistemas auxiliares en Step 7.

HMI de los sistemas auxiliares.

Controlador lógico programable.

Dentro de todo lo que abarca los sistemas auxiliares del tren de laminación BASCOTECNIA, están los siguientes sistemas:

Dos centrales de lubricación.

Una central Hidráulica.

Una central de Aire Aceite.

Camino de rodillos a la salida del horno y a la entrada del tren.

Puestos de mando local PML para movimientos hidráulicos en cada caja.

Electroválvula para envío de agua a canales y rodillos para enfriamiento del tren.

Estudio, evaluación y control del sistema de Lubricación:

Los sistemas de lubricación son factores muy influyentes al momento de aumentar y mantener la productividad en una planta, ya que ofrece innumerables beneficios para el personal de mantenimiento como el personal operativo, sin contar con las ganancias que puede representar un sistema de lubricación en óptimas condiciones.

La central de lubricación cumple la tarea de disminuir el desgaste de los componentes mecánicos para que estos no sufran daños que a la larga producen periodos prolongados de mantenimiento y reducción de productividad. El sistema de lubricación del tren de laminación actual es un sistema robusto, pero anticuado, ya que no realiza un monitoreo adecuado de aceite lubricante a los componentes.

Sistema Hidráulico del tren BASCOTECNIA.

El sistema existente tiene las siguientes limitaciones:

- Está operando todo el tiempo aunque no se encuentren realizando ningún movimiento.
- No tiene automatizado el encendido y apagado automático.

- No está contemplado en su diseño la optimización energética.

Esta central debe proveer al tren de laminación un servicio eficiente, además de entregar de forma rápida y oportuna los datos que pueden servir al operador o al personal de mantenimiento para realizar alguna reparación del sistema, así como a su vez, la de detectar posibles problemas futuros. Al Disminuir el tiempo de reparación, obtenemos mayor tiempo de producción, aumentando las toneladas por hora.

Automatización:

El sistema automático actual de los servicios auxiliares del Tren BASCOTECNIA son básicos en cuanto a su funcionamiento, están constituidos por un PLC de marca SYSTEAM M (actualmente fuera del mercado), por lo que la posibilidad de mejorar el sistema por medio de la misma marca es imposible, es por esta razón que se tiene la necesidad de actualizar los equipos junto con un rediseño del sistema automático, para colocar un sistema más eficiente que el sistema actual, que permita controlar los arranques, los filtros, los caudales y demás mediante una interfaz centralizada del área de laminación.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador, el área siderúrgica cada día crece más debido a la demanda de los clientes en cuanto a material para construcciones. Es por eso que siempre se debe mantener un constante crecimiento dentro de una empresa de esta categoría debido por la presión de ser más productivos y por la presión de sus competidores, pero no es simplemente crecer, sino también de actualizarse en tecnología, es por eso que actualizar los equipos es vital para entregar productos de calidad y lograr producir la cantidad de material que requieren nuestros clientes.

Para Aumentar producción deben aumentar componentes, capacidades, dimensiones y equipos, junto con todos los elementos de control que impliquen. Esto conlleva a realizar estudios, cálculos, diseños y evaluaciones que garanticen el funcionamiento del sistema modificado o integrado.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. GENERAL

Evaluar técnicamente los sistemas auxiliares del tren BASCOTECNIA para optimizar, dimensionar equipos actualizados de control, realizar el código de programación y realizar un estudio del sistema hidráulico.

1.4.2. ESPECÍFICOS

- Estudiar el sistema hidráulico del tren BASCOTECNIA a fin de determinar las limitaciones que presenta actualmente.
- Determinar las mejoras y adecuaciones para optimizar el sistema en cuanto a rendimiento energético e insumos.
- Dimensionar los sistemas de control para integrarlos a la red SCADA del área de laminación de ANDEC S.A.

1.5. ALCANCE DEL PROYECTO

- SISTEMA MECÁNICO

Central Hidráulica:

Se realizará una evaluación para determinar las condiciones actuales del sistema hidráulico de fuerza. En esta se evaluará las condiciones en la que la máquina debe estar para poder distribuir presiones uniformes a las 15 cajas actuales, dimensionando un nuevo sistema.

Esto permitirá a la empresa realizar los cambios necesarios para mejorarlo, pues se emitirá al final de este proyecto un informe donde especifiquen los valores de presión y caudal.

Entregables:

- Información técnica detallada de cálculos realizados.
- Informe del estado del sistema.
- Lista detallada de instrumentación del equipo.
- SISTEMA ELECTRÓNICO/ELÉCTRICO

En cuanto a los sistemas electrónicos, podemos determinar paso a paso los cambios y procesos que se realizarán en el:

Determinación de mejoras.

Detalle de la actividad y razones.

Una vez hecho el estudio de programación, se determinaran las correcciones para el código, esto se lo hará en base a la experiencia de operarios y personal de mantenimiento del área junto con documentos que indiquen las operaciones de estos sistemas auxiliares, para sumar las necesidades al código de programación con el fin de facilitar el trabajo, disminuir el tiempo de mantenimiento y aumentar la productividad.

Al conseguir determinar las mejoras se podrá dar paso a las formas de ejecución de las mismas y proceder a diseñarlas.

Las mejoras son únicamente para el proceso de los sistemas auxiliares del tren, no incluyen factores externos del proceso principal.

Entregables:

Se entregarán al término del proyecto.

- Código de Programación de los cambios realizados.

Programación Escalera:

Detalle de la actividad y razones.

Se realizara la migración del código no modificado o no eliminado, además de sumar a este, la programación de las mejoras y nuevas funciones de control. La migración requiere de análisis ya que los códigos relacionados en el proyecto no son similares y son susceptibles a ser realizados con módulos pre programados que existen ya en los software de programación de Siemens, además como se trata de un rediseño del sistema de lubricación, deberá existir un nuevo control y monitoreo. Aquí además se crearan variables de comunicación de datos por la red SCADA y variables locales del PLC. Las variables compartidas por la red SCADA del PLC serán las que gobiernen los cambios o funciones gráficas que se muestren en el HMI.

Al realizar este proceso podemos integrar la programación dentro de los controladores SIEMENS y empezar a realizar las pruebas de funcionamiento cuando el sistema este armado. La programación estará dentro de un solo PLC de servicios Auxiliares, no se realizarán cambios en la programación de los sistemas principales.

Entregables.

Se entregará al término del proyecto el código de programación en escalera para implantarlo en los PLC.

Dimensionamiento de PLC y Módulos.

Detalle de la actividad y razones.

Su dimensionamiento se basará en la cantidad de memoria, la comunicación que permiten estos y la cantidad de entradas y salidas análogas digitales que se requiera según sensores y actuadores.

Al dimensionar estos elementos se podrán realizar los requerimientos de pedido, la compatibilidad con los otros equipos y la forma de comunicación entre ellos, siendo más fácil unificarlos dentro de la red general de la zona de laminación. El dimensionamiento del PLC únicamente se lo hará para los sistemas auxiliares y módulos adicionales que se presentan factibles a implementarse dentro del estudio de este proyecto.

Solo se dimensionará el PLC y Módulos del mismo, junto con una cotización de los equipos como referencia, la instalación se la realizará en capítulos finales donde se tomará en cuenta todo el montaje.

Entregables.

Se entregarán al término del proyecto:

- Los catálogos de los elementos de control (Formato digital debido a su extensión).
- Los planos de conexiones eléctricas.
- Los Planos de Borneras.
- Los planos de entradas y salidas.
- Lista detallada de elementos de control para la construcción del proyecto por Andec S.A.

Interfaz Humano Máquina:

Detalle de la actividad y razones.

El interfaz humano máquina del área de laminación, realiza los mandos y monitoreo de las variables del proceso. Se deben añadir nuevas ventanas de control y monitoreo para las funciones de los servicios auxiliares de tal manera que siga la selección de colores, bloques y lógica que ya gobierna el HMI del área de laminación. En el código del HMI habrá poca programación y variables, pues toda variable incluyendo las de cambio de color de algún objeto de la interfaz, será por medio de la interacción de datos que se envían desde el PLC Siemens.

La interfaz llevará un formato o diseño parecido a los existentes, no se modificaran las interfaces de otros sistemas, sin embargo, puede existir la posibilidad de adquirir datos de otros PLCs además de otras interfaces para el desarrollo de su control y monitoreo.

Entregables.

Se entregará al término del proyecto.

- El diseño de la interfaz.
- El programa de control en InTouch para cargarlo en la computadora.

Red SCADA:

Detalle de la actividad y razones.

La red SCADA obtiene todos los datos de las variables del proceso. Actualmente solo se encuentran las variables de las funciones principales de Laminación, pero durante el desarrollo de este proyecto, se sumarán a esta red las variables de las funciones de servicios auxiliares mencionadas anteriormente junto con el código de control para los mismos. En la figura 1.1, se puede observar el pupitre principal donde están alojadas las interfaces humano máquina.



Figura 1.1.- Pupitre Principal Laminación ANDEC S.A.

Las alarmas deben mostrar cada anomalía del proceso, permitiendo una reacción inmediata por parte de los operarios o mantenimiento según sea el caso. Las alarmas monitorean no solo los sistemas auxiliares, sino también los otros sistemas como motores de cajas reductoras, amperajes de los motores, rodillos, velocímetros entre otras que forman parte del proceso de laminación del Tren.

Estas alarmas deben ser analizadas para determinar si son eficientes informar anomalías así también proponer nuevas alarmas que permitan informar al operario o personal de mantenimiento problemas en el tren. Es claro que a medida que se realice el estudio de la programación del PLC SYSTEAM M se obtendrá la

información que permitirá determinar las modificaciones en las alarmas e implementación de nuevas.

Se enlazará la interfaz y datos a la red de Laminación, pero no se tomará ningún otro cambio o integración de otras interfaces a la red, únicamente la de servicios auxiliares.

Entregables.

Se entregará al término del proyecto:

- La configuración de la red.
- Los Planos modificados de la red actual donde se visualizará el nuevo PLC

- **SISTEMAS ELÉCTRICOS**

Detalle de actividades y razones.

Para los sistemas eléctricos se realizará los siguientes aspectos de diseño e implementación:

- Diseño del armario.
- Dimensionamiento de elementos eléctricos.

El diseño de este armario se lo hará en base al armario existente que alberga el PLC SYSTEAM M, por lo que los cambios serán dirigidos más a espacio y distribución para el nuevo PLC y re direccionamiento de cables.

Entregables.

Se entregarán al término del proyecto.

- Los planos de Tablero y Botoneras.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. CONCEPTOS

En el presente trabajo se analiza los posibles términos y funcionalidades que se presentan en fábricas de acería dando una introducción al tema mediante la explicación de algunos conceptos para comprender las diferentes partes de un tren de laminación.

2.1.1. TREN DE LAMIACIÓN

Mediante el tren de laminación, las palanquillas que son el producto final del proceso de colada continua, adquieren formas comerciales aptas para su uso en construcciones; otro objetivo de la laminación en caliente, es que el acero obtenga características adecuadas en cuanto a su estructura para mejorar su resistencia y ductilidad.

2.1.1.1. FACTORES INFLUYENTES EN LA LAMINACIÓN EN CALIENTE

Los procesos que se pueden realizar en un tren de laminación son:

- Conformación.
- Acabado.
- Modificación de propiedades.

La conformación puede ser por laminación o por forja, la diferencia entre ellas básicamente es que en el proceso de laminación existe una deformación en una sola dirección (barras), mientras que en la forja es una deformación en todas sus tres dimensiones (cigüeñales).

- Fundamentos de la laminación:

Se trata de pasar el acero entre dos rodillos que giran en sentido contrario y ejercen fuerza sobre el material, deformándolo de tal manera que el producto al final de un tren de laminación sea el deseado.

Las fuerzas aplicadas sobre la palanquilla se muestran en la figura 2.1:

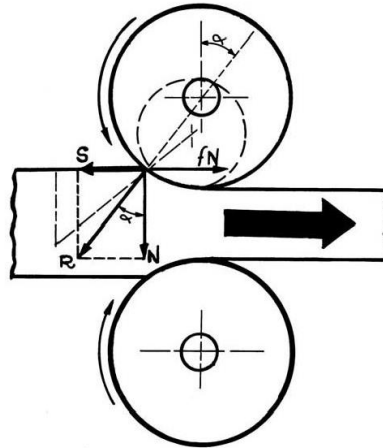


Figura 2. 1.- Fuerzas de Rodillos Laminadores.

Fuente: (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

Como se puede observar, existe una fuerza R en la zona de contacto entre la palanquilla y el rodillo, lo que produce dos subcomponentes S y N , equivalentes a $S = R \operatorname{sen}(\alpha)$ que representaría que se opone al movimiento a lo largo de la línea de laminación y $N = R \operatorname{cos}(\alpha)$ que sería la fuerza que disminuya el diámetro de la palanquilla; se puede notar que existe una fuerza de fricción que permite que la palanquilla pase entre los rodillos, pero para que se cumpla esta condición, fN debe ser mayor que S ; siendo F el coeficiente de fricción entre el rodillo-palanquilla y N la fuerza normal, la resultante que permite el movimiento sería igual a $T = f * N - S$ lo que resultaría:

$$T = f * R \operatorname{cos}(\alpha) - R \operatorname{sen}(\alpha)$$

$$T = R(f \operatorname{cos}(\alpha) - \operatorname{sen}(\alpha))$$

Cumpliendo que $T \geq 0$.

Si se disminuye el diámetro de los rodillos, la componente S aumenta, por lo que es necesario contar con rodillos de diámetro entre 40 a 60 cm para evitar este inconveniente, además de trabar en un ángulo $\alpha = 24 \text{ grados}$.

El efecto de aplastamiento de la componente N no solo alarga a la barra, sino que también la hace más ancha pasando de dimensiones a_1 y h_1 , a a_2 y h_2 , como se indica en la figura 2.2.

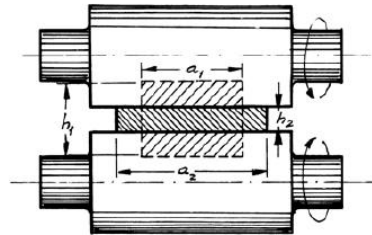


Figura 2.2.- Rodillos Laminadores Vista Frontal.

Fuente: (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

Se conoce que la deformación horizontal en el eje a no es muy considerable, pero aun así a lo largo de la línea de los trenes de laminación, los rodillos pueden colocarse en posición horizontal o vertical. (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

Cajas de Laminación:

Las cajas de laminación son el elemento principal de los trenes de laminación, constan de 4 partes que se especifican a continuación.

- Cilindros:

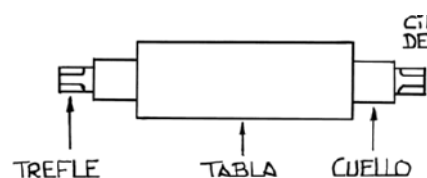


Figura 2. 3.- Pastes del Rodillo Laminador.

Fuente: (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

Existen varios tipos de cilindros dependiendo de su función, estos cilindros pueden ser planos, perfilados, corrugados dependiendo las características finales del producto. En la figura 2.3 se indican las partes de un cilindro común.

Como la fuerza N que se ejerce sobre la palanquilla debe ser alta y las temperaturas de trabajo son elevadas, se corre el riesgo de deformar el cilindro, por lo que se requiere de un sistema de refrigeración en los elementos además de que la longitud de la tabla del cilindro no debe superar en 3.5 veces el diámetro del cilindro.

Para la construcción de los cilindros existen varios materiales que pueden ser reutilizados tales como:

Aceros especiales al cromo o al cromo-manganeso, los cuales pueden ser fundidos o forjados, dependiendo de las fuerzas de trabajo.

Fundición de grafito esferoidal templado.

Fundición con alto contenido de fósforo colado en coquilla. Con esta composición y método de colada se obtiene una superficie con acabado cementítico resistente al desgaste pero con un centro o núcleo tenaz. (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

- **Cojinetes y Ampuesas:**

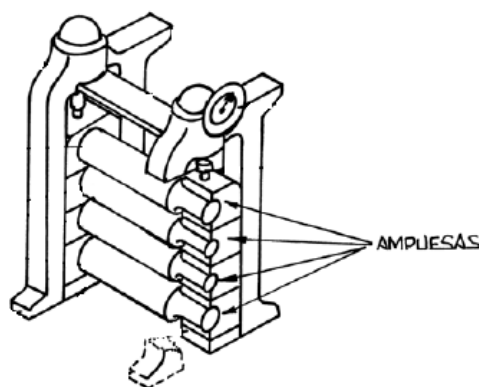


Figura 2.4.- Caja de Rodillos.

Fuente: (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

Los cojinetes con rodamientos que permiten el libre movimiento rotacional de los cilindros y evitan el rozamiento entre las ampuestas y los cilindros. Las ampuestas sujetan a los rodamientos para mantenerlos en posición. En la figura 2.4 se puede observar 4 rodillos en una sola columna, esto se debe a que la fuerza de los rodillos en la palanquilla es elevada y para evitar que se deforme sin tener que aumentar el diámetro, colocan cilindros de apoyo para transmitir la fuerza aplicada a la palanquilla además de evitar la deflexión de los rodillos en contacto con el material. (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

- Estructura Principal:

Los casquilletes son estructuras que sujetan las ampuestas. El calibrador es un dispositivo que permite regular el espacio entre los cilindros, a este espacio se lo conoce como Luz, y puede ser manual como automático mediante actuadores hidráulicos o neumáticos. En los casquilletes existen unos tornillos que mantienen fijos a las ampuestas. Bajo la estructura principal o casquillote existen zapatas, placas base o bancadas que deben estar firmemente sujetas al suelo. (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

- Tipos de cajas de laminación:

Según la disposición de los cilindros de cada caja, estas pueden ser:

Cajas Dúo: Se los puede usar para realizar varias pasadas reduciendo el espesor por cada vez que se realice el proceso, en la figura 2.5 se indica dichas cajas.



Figura 2.5.- Cajas Dúo.

Fuente: (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

Cajas Trío: Las cajas trío se utilizan para realizar dos pasadas por la misma caja, utilizando los rodillos superior y medio para la primera pasada, y los rodillos inferiores y medio para la segunda pasada. Crea el efecto de cambiar la dirección de movimiento de la palanquilla laminada por lo que están siendo sustituidas.



Figura 2.6.- Cajas Trio.

Fuente: (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

Cajas Cuarto: Cuando se requiere ejercer mucha fuerza como en el caso de chapas, se usan este tipo de cajas, los dos cilindros pequeños deforman el material, mientras que los cilindros grandes absorben el esfuerzo. Dan la ventaja de reducción de costo ya que su maquinado es más rápido y la cantidad de material es menor.



Figura 2.7.- Cajas Cuarto.

Fuente: (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

- Cajas Múltiples:

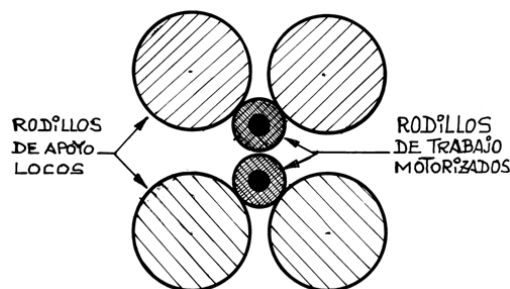


Figura 2.8.- Cajas Múltiples.

Fuente: (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

- Cajas de cilindros múltiples de diámetros diferentes.

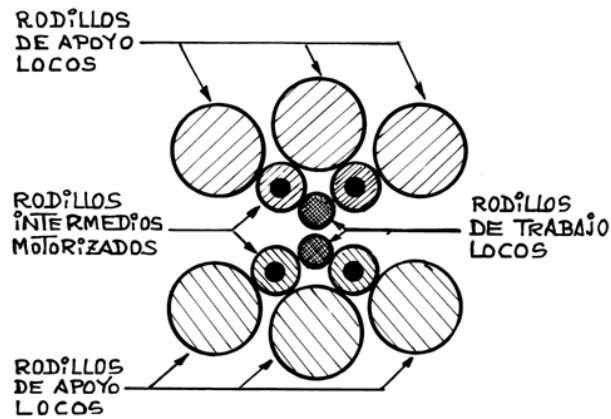


Figura 2.9.- Cajas Cilindros Múltiples Diámetro Diferente.

Fuente: (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

- Caja Universal:

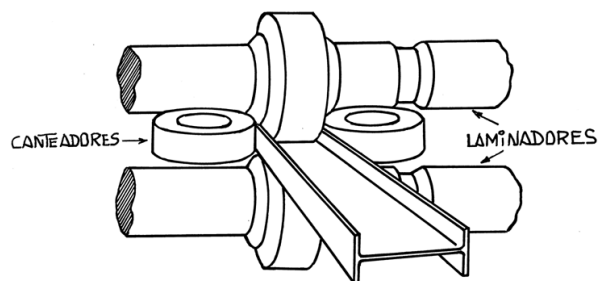


Figura 2.10.- Caja Universal.

Fuente: (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

Cajas Especiales: Para aros, ruedas, etc.



Figura 2.11.- Cajas Especiales.

Fuente: (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

(Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

- Trens de Laminación:

Un tren de laminación en una serie de cajas dispuestas una después de la otra, además de contener varios tipos de funciones auxiliares como cizallas, refrigeración, lubricación, alarmas entre otras.

A medida que la palanquilla va siendo reducida en sus dimensiones de ancho y alto, su dimensión a lo largo incrementa, por lo que después de pasar por cada caja de laminación, la palanquilla laminada adquiere más velocidad, como cuando se reduce el diámetro de una manguera, el agua sale con mayor velocidad a medida que se acorta la medida de su radio. (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

2.1.1.2. PROCESO DE LAMINACIÓN EN CALIENTE

En laminación en caliente existen tres etapas, precalentamiento de la palanquilla, desbaste de palanquilla y terminación de palanquilla, el proceso de cada uno de ellas se describe a continuación.

- Precalentamiento de Palanquilla:

Para facilitar la deformación del acero, obtener las propiedades deseadas y disminuir el esfuerzo en los rodillos, el precalentar el acero elevando su temperatura entre los 850 y 1250 grados centígrados facilita el trabajo de desbaste y terminación de mismo.

El horno de precalentamiento de la planta ANDEC, marca BASCOTECNIA, permite el ingreso de palanquillas de dimensiones 13 cm de ancho, 13 cm de alto y 4 metros de longitud. Las palanquillas entran por alimentador que permite el ingreso de ellas al horno de manera horizontal mediante un camino de rodillos, una vez en el interior, las palanquillas son empujadas por un cilindro que las hace

desplazar a lo largo del horno, este cilindro funciona con fuerza hidráulica provista de la central hidráulica, ya que requiere de una fuerza enorme para vencer la fuerza de rozamiento de las palanquillas en conjunto al ser trasladadas a lo largo del horno.

Generalmente el combustible que usan las fábricas integrales para los quemadores consiste en una mezcla de gas de batería de coque y gas de horno alto, ambos generados en la producción. En otros casos en los que se usan hornos eléctricos, el combustible usado son externos a la producción, como son gas licuado de petróleo, bunker, diesel, oxifuel o gas natural. El carburante de los quemadores puede ser aire que ingresa por medio de ventiladores u oxígeno inyectado lo cual mejora la combustión.

Existen numerosos tipos de hornos para áreas siderúrgicas, de las cuales, las más representativas se presentan a continuación:

- Hornos de Fosa:

Son cámaras compuestas en su interior con un forro de material refractario, en cuya cámara entran los lingotes en forma de columna como se muestra en la figura 2.12.

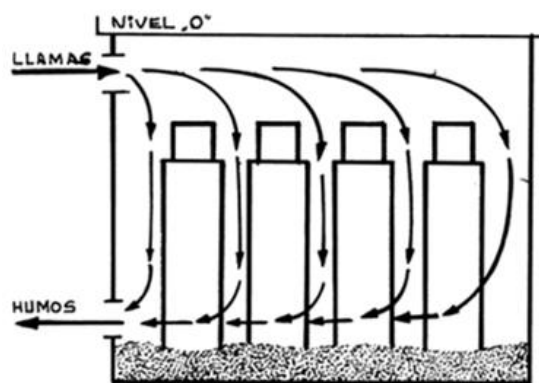


Figura 2.12.- Hornos de Fosa.

Fuente: (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

En el nivel cero se ubica una tapa rodante desplazable que permite cerrar y abrir la cámara del horno. Los lingotes se ingresan y se retiran por medio de

pinzas mecánicas sujetas a puentes grúa a lo alto del horno (figura 2.13), que facilitan el trabajo de colocación de palanquillas.



Figura 2.13.- Pinzas para Palanquillas.

Fuente: (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

Para un mejor rendimiento y consumo de energía, se recomienda integrar las palanquillas al horno después de ser estas coladas, así no se requiere de mucho tiempo para calentar las palanquillas para entrar al tren desbastador, ya que este tipo de hornos así como muchos otros dependen mucho de las condiciones exteriores, el tiempo transcurrido después de la colada continua y de la composición del acero.

Hornos Recuperativos.

Es otro tipo de horno desarrollado por los hermanos Siemens. Utiliza la temperatura del humo para calentar por el exterior una cámara, por la cual, en su interior se ingresa el aire carburante, calentándolo antes de llegar al quemador, por lo que no enfría el sistema y aumenta a su vez eleva la temperatura adiabática de la llama. En la figura 2.14 se muestra un diagrama de dicho horno.

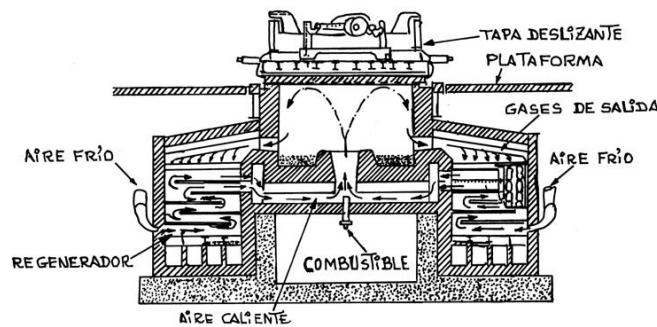


Figura 2.14.- Hornos Recuperativos.

Fuente: (Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

- Desbastado de Lingotes:

Los lingotes calentados a una temperatura de entre 850 y 1250 grados centígrados entran al trasferidor de palanquillas, que lleva al lingote de la puerta del horno a un camino de rodillos colocado a la entrada del tren desbastador, donde sufren una pequeña deformación que sirve para retirar laminilla que se forma en su superficie durante su permanencia en el horno, de no retirarlos, estas laminillas se incrustarían en la superficie de toda la palanquilla a los largo de su proceso, obteniendo defectos en el producto.

La LUZ o distancia entre los rodillos se va reduciendo en cada caja de la línea de desbaste. Como existe deformación en el ancho de la palanquilla, aunque muy pequeño, debe realizarse en momentos intermedios rotación de 90 grados en la palanquilla para ajustar esta deformación, o bien, los rodillos cambian de estado de horizontales a verticales mediante mecanismos accionados por un cilindro hidráulico. Hay que tomar en consideración el no disminuir el área transversal de la palanquilla de manera repentina, ya que pueden producir problemas en el producto como grietas o rupturas además de producir esfuerzos elevados en los elementos mecánicos como rodillos y cajas, disminuyendo el periodo de vida de estos. Los valores de reducción por caja van ligados por modelos matemáticos que a su vez actúan sobre los trenes mediante programas automáticos de control.

- Terminación de barras:

En la terminación de barras, se les da unas pocas reducciones más que requieren para llegar a la medida requerida, junto con un acabado superficial dependiendo cual sea el uso final de las varillas o barras como se ve en la figura 2.15, en el caso de barras de construcción, se les da un acabado granulado para que este se adhiera mejor al concreto.

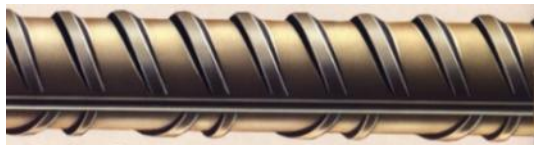


Figura 2.15.- Varilla Corrugada.

Fuente: (UNIFELSA, s.f.)

Existen otros procesos posteriores a este como recubrimientos o tratamientos térmicos, pero ya se los realiza por parte del consumidor, dependiendo sus necesidades. Entre los recubrimientos podemos mencionar al galvanizado que permite que no se corra el acero, o en tratamientos térmicos podemos indicar el templado.

- Productos largos:

Productos largos son todos aquellos que las dimensiones de su área transversal son mínimas a comparación de su longitud final. Los productos largos son de sección maciza que pueden ser pletinas, cuadradas, rectangulares, circular, oval, U, T, I, doble T, angular o corrugado.

Por lo general, los trenes de productos largos utilizan palanquillas cuadradas y se laminan en caliente tanto para alambrón como para barras y estructurales.

Los cilindros de los trenes de laminación de productos largos presentan acanaladuras de formas dependientes al producto final y están generalmente conformadas por cajas dúo reversibles y en algunos casos las cajas presentan la opción de rotar los cilindros 90 grados para compensar la pequeña deformación horizontal.

Las barras resultantes pueden alcanzar longitudes extensas dependiendo de sus dimensiones, luego estas son cortadas en estándares de 9, 12, 15 y 16 metros,

generalmente en múltiplos de 3 dependiendo de la longitud de los camiones. Las barras cortadas en su longitud más extensa pasan a la mesa galopante que permite enfriar la barra para su almacenamiento. Generalmente si el proceso no tiene rigurosos controles en él, se debe realizar una inspección para enderezado y saneado.

Generalmente los trenes son “cross country”, es decir lineales en todas sus cajas para barras largas, sin embargo, para el alambrón se debe realizar mediante un tren en paralelo que reduce la barra a un diámetro menor sin acabado en su superficie, y pasa al bobinador que entrega el material en rollos, que luego se enfrían para poder procesarlos en laminadores en frío.

(Enríquez Berciano, Tremps Guerra, De Elío de Bengy, & Fernández Segovia, 2010)

- Sistemas de Laminación en Caliente.

Para obtener el producto final de un tren de laminación, existen varios procesos que están realizándose todo el tiempo por los sistemas mecánicos, electrónicos y eléctricos. A estos procesos los podemos dividir en dos tipos de sistemas:

Sistemas Principales.

Sistemas Auxiliares.

Los sistemas principales son los procesos que deben cubrir un monitoreo y control exhaustivo y preciso para poder operar, tales como la velocidad de los motores que mueven los rodillos laminadores.

2.1.1.3. CONSTITUCIÓN DEL TREN DE LAMINACIÓN BASCOTECNIA

Los sistemas principales del tren de laminación están vinculados a 4 zonas principales de laminación que son:

Tren de Desbaste.

Esta zona formada por tres cajas simples y una doble, se encarga de realizar la laminación inicial de la palanquilla. Existen varias roto-sondas y foto-células que son detectores de metal caliente a lo largo del tren para realizar el seguimiento de la palanquilla.

La zona del tren de desbaste abarca el camino de rodillos a la salida del horno, las cajas número 1, 2, 3 y la 4-5 (las cajas 4-5 comparten un motor) y por último la cizalla número 1.

Tren Intermedio.

Está formado por 4 cajas simples y una caja doble. Entre la caja 8 y 11 hay tres formadores de bucle (es un elemento que forma un arco en la barra de acero caliente mediante un cilindro neumático accionado por válvula solenoide que permite realizar el control de velocidad midiendo la altura del bucle). Cada formador de bucle está equipado con un dispositivo de escáner de bucle que detecta la altura del bucle.

La zona del tren intermedio abarca las cajas 6-7, caja 8, formador de bucle vertical 1, caja 9, formador de bucle vertical 2, caja 10, formador de bucle vertical 3, caja 11 y cizalla 2.

Tren Acabador.

Seis cajas del tipo DOM y cuatro del tipo DCR están instaladas en esta área. Entre la caja 12 y 21 hay 10 formadores de bucle junto con sus respectivos sistemas de cilindros para formarlos.

Tren de Acabado Alambrón.

Es el tren que produce líneas largas de alambre que serán utilizados para realizar procesos en frío para el producto final. Hay una cizalla instalada a la entrada de este tren, la cual puede cortar la punta o la cola. Los sistemas de refrigeración se encuentran presentes en esta línea para controlar la temperatura del a barra o el tratamiento térmico de la misma.

Esta zona está formada por la cizalla de disco en el lado de la entrada, el formado e de bucles vertical número 14, el bloque de acabado rápido, el arrastrados en el lado de la entrada de la cabeza formadora de espiras y la cabeza formadora de espiras.

Motores y Cajas del Tren Laminador BASCOTECNIA.

Los motores principales del tren de laminación cumplen la función otorgar energía cinética a los rodillos de laminación. Estos motores de corriente continua controlados por medio de drivers Simoreg, que regulan la corriente de campo del motor aumentando velocidad o disminuyéndola, así como a su vez el torque de manera inversa a la velocidad.

Los drivers Simoreg reciben la consigna de velocidad del PLC, para luego interpretar la señal y regular la corriente de campo por medio de tiristores para conseguir las rpm solicitadas en el motor. Estos motores por medio de una caja de reducción de velocidad transfieren el movimiento a los rodillos. Las cajas de reducción por lo general producen gran cantidad de calor por los diversos componentes que al interactuar producen fricción, además de producir desgaste a los elementos mecánicos produciendo laminilla o escoria. Para ello la lubricación es un factor importante, ya que no solo se encarga de enfriar en cierta proporción a los elementos mecánicos, sino también reduce la fricción entre estos.

Al utilizar reductores de velocidad en el tren se consigue de manera mecánica aumentar el torque en los rodillos y así mejorar el proceso de laminación de las palanquillas. Si esta fuerza no es la suficiente, los rodillos se trabarían al momento del ingreso de los lingotes, produciendo así un requerimiento mayor de corriente en el motor, causando que los dispositivos de seguridad corten el suministro de corriente al motor para que este no se averíe, parando la producción durante varios minutos hasta liberar la palanquilla de los rodillos.

El control de la velocidad entre los diferentes 15 motores deben estar sincronizadas una con otra. El análisis para entender el porqué de esta sincronización es la reducción de área transversal en el acero laminándose; al laminar la palanquilla, su área transversal se va reduciendo, pero su longitud va aumentando. Para cumplir esta finalidad, existen sensores que miden el radio de

curva de la varilla laminada (bucle), si esta presenta un valor creciente, el motor ubicado después del bucle de la palanquilla deberá aumentar su velocidad, y si el bucle de la varilla presenta disminución, el motor deberá reducir su velocidad, de manera sincronizada una con otra.

Caja Horizontal 1.

La caja del sistema horizontal uno cuenta con un motor hidráulico para abrir y cerrar ampuestas, más cuatro cilindros de retorno por resorte que permiten bloquear la caja con válvulas Check para evitar el retorno de aceite y un cilindro de doble efecto. Todos los componentes tienen válvulas de solenoide para ser pilotadas desde pupitre (zona de los HMI).

La apertura de ampuestas ayuda a ajustar la luz para laminación. El proceso somete a los rodillos a fuerzas extremas para deformar la palanquilla, por lo que se requiere de buenos parámetros de ajuste y presión en los motores de las ampuestas, ya que de no ser así, durante el proceso, los diámetros de salida de la palanquilla varíen, produciendo anomalías en el resto del tren así como también una probabilidad más alta de que se produzcan cobles.

Los cuatro cilindros para bloquear las cajas mueven pestañas que se anclan al suelo para sujetar la caja, esta sujeción debe estar ser correctas, para soportar las vibraciones y esfuerzos constantes y no desalinearse el tren, produciendo cobles.

El cilindro doble efecto permite introducir el eje que transmite la velocidad angular a los rodillos junto con el torque.

Caja Vertical 2.

El sistema cuenta con un cilindro para el carro, un motor hidráulico para abrir o cerrar las ampuestas, cuatro cilindros de simple efecto con retorno por resorte para el bloqueo de la caja y un cilindro de doble efecto para sacar o introducir los ejes que transmiten el movimiento a los cilindros. Así mismo están comandadas por electroválvulas que permiten desde el pupitre realizar el movimiento de los elementos además de tener la opción de hacerlo de manera local.

No existen muchas cajas en la línea de laminación, debido a que la deformación horizontal de la palanquilla es mínima cuando pasa por los rodillos, sin embargo, se colocan cajas verticales para compensar esa pequeña deformación.

Cajas horizontales 3-4-5-6-7.

Estas cajas tienen el mismo sistema en cada una, sin embargo, la diferencia radica en el ajuste de luz. Los componentes y funciones de estos sistemas son un cilindro hidráulico para el enclavamiento de la transmisión, cuatro cilindros hidráulicos para el bloqueo de ampuestas, un motor hidráulico para abrir o cerrar las ampuestas, cuatro cilindros hidráulicos para el bloqueo de la caja y un cilindro hidráulico para el ajuste de canal, al igual que las cajas anteriores, cuenta con válvulas que pueden ser pilotadas desde pupitre e incluso desde la zona local.

Caja Horizontal 8.

La caja horizontal ocho cuenta con un motor hidráulico para abrir cerrar ampuestas, más cuatro cilindros de retorno por resorte que permiten bloquear la caja con válvulas Check para evitar el retorno de aceite más un cilindro de doble efecto que permite sacar o introducir el eje de transmisión. Todos los componentes tienen válvulas de solenoide para ser pilotadas desde pupitre.

Caja vertical 9.

El sistema cuenta con un cilindro para el carro, un motor hidráulico para abrir o cerrar las ampuestas, cuatro cilindros de simple efecto con retorno por resorte para el bloqueo de la caja y un cilindro de doble efecto para sacar o introducir los ejes que transmiten el movimiento a los rodillos. Así mismo están comandadas por electroválvulas que permiten desde pupitre realizar el movimiento de los elementos además de tener la opción de hacerlo de manera local.

No existen muchas cajas verticales en la línea de laminación, debido a que la deformación horizontal de la palanquilla es mínima cuando pasa por los rodillos,

sin embargo, se colocan pocas cajas verticales para compensar esa pequeña deformación.

Cajas Horizontales 12-14.

Estas cajas están compuestas con los mismos elementos de las cajas horizontales anteriores. Como son cajas que se encuentran casi al final de la línea de laminación, la Luz entre los rodillos es menor y sus velocidades angulares de los rodillos es mayor que el de las anteriores cajas.

Cajas Convertibles 11-13-15.

Las cajas convertibles no son más que cajas que pueden ser colocadas de manera vertical u horizontal según se requiera. Al ser cajas del final de la línea, los valores de diámetros deben ser exactos, y es por esta razón que se deben corregir por última vez los valores de deformación horizontal de las varillas. Estas cajas cumplen el proceso final de laminación, por lo que en sus rodillos se podrán observar los diseños del labrado superficial que tendrá la varilla final siempre y cuando no se requiera de medidas más finas.

2.1.1.4. FACTORES INFLUYENTES EN LA LAMINACIÓN EN CALIENTE

Los sistemas auxiliares permiten el correcto funcionamiento de los sistemas principales, entre los sistemas principales tenemos las centrales hidráulicas, la central de lubricación, central neumática, movimiento de cilindros, cortes de cizallas y alarmas, las cuales se detallan su función a continuación:

Central de lubricación.

La central de lubricación se encarga de llevar aceite a cada caja, para que estas no se desgasten por los movimientos ejecutados en los engranajes. Uno de los principales problemas dentro de una caja de transmisión son los esfuerzos en los elementos mecánicos, el calor generado y el desgaste por fricción y es por esta razón que el sistema de lubricación juega un papel muy importante ya que logra contra-restar dos de estos grandes problemas.

Los movimientos constantes y con frecuencias muy altas producen calor en los elementos mecánicos, lo que los hace vulnerables a deformaciones. Dependiendo del material y de la temperatura máxima de trabajo se puede determinar su periodo de vida útil, pero como objetivo de una empresa, se debe mantener una operatividad alta en cuanto a disponibilidad, pues reemplazar estos elementos o repararlo producen un consumo de tiempo que genera gastos tanto por mantenimiento de los otros sistemas encendidos a espera de la reintegración operativa de las cajas, como también una reducción de la cantidad de producto.

Para mejorar el funcionamiento de las cajas, se utiliza un sistema de lubricación, que elimina en gran medida las altas temperaturas de los elementos al transferir calor al aceite además de disminuir el desgaste por fricción mejorando el contacto entre los engranes y limpiando la escoria o limallas que podrían rayar a los mecanismos internos de las cajas. Para eliminar y mantener calor adecuado en el aceite se debe considerar las dimensiones del reservorio, la distribución de tuberías para llevar lubricante a las cajas, si requieren algún tipo de refrigeración o algún sistema extra para mejorar sus niveles de temperatura.

Las características técnicas de la central de lubricación son:

Depósito:

El depósito tiene una capacidad interior total de 7.3 m^3 (capacidad útil de 6 m^3), construido en chapa de acero.

Características del Aceite.

Aceite ISO VG 220

Densidad a 15° centígrados: 0.89 Kg./dl

A.P.I. Densidad: 27

Viscosidad a 40° centígrados: $198/220 \text{ cSt}$.

Índice de Viscosidad: 95

Calor Específico a 38° Centígrados: $0,46$

Punto de Congelación: -9° centígrados.

Pre-filtro Vertical.

Filtro de 250 micras.

Calentadores de Inmersión.

Cargas: $2-2.5 \text{ W/cm}^2$.

Voltaje: 220/380 voltios trifásico.

Potencia: 8Kwatts.

Grupo de Bombeo:

Bomba.

Tipo: BT-IL.

Ø de Succión: 100

Ø de Descarga: 100

Presión de trabajo máximo: 16 Kg./cm^2 .

R.P.M Máximo: 3000

Tabla de desempeño:

Tabla 2.1

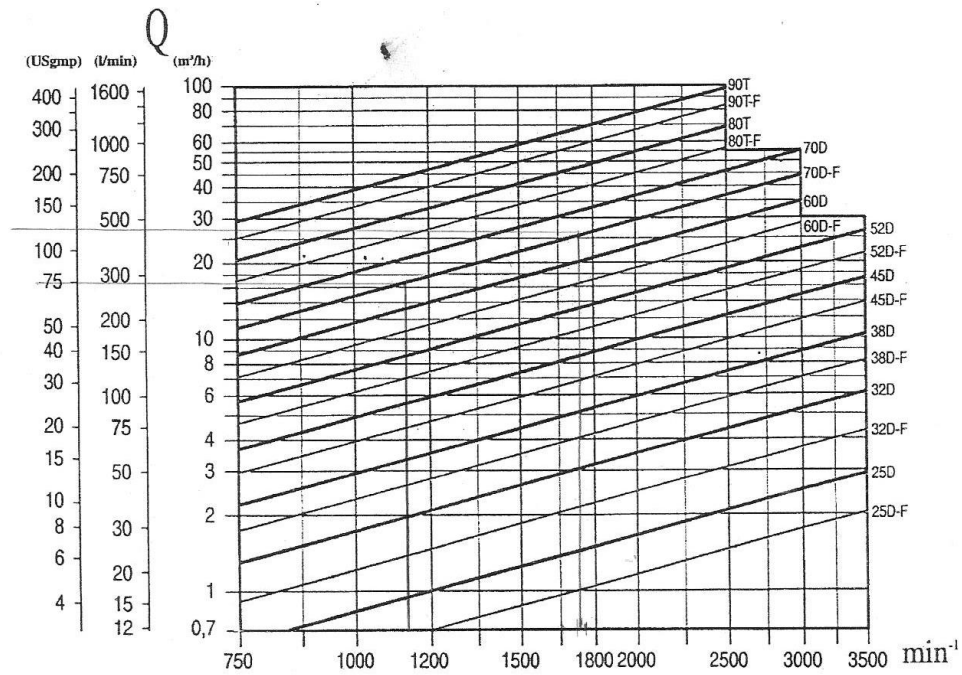
Desempeño Bomba Central Hidráulica 1.

Visco cSt (°E)	CAUDAL	1150 r.p.m-t/min						1750 r.p.m-t/min					
		2	4	6	8	10	16	2	4	6	8	10	16
		BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR
6 (1,5)	L/min	241,5	224	210,5	199	-	-	385	367	353,5	342,5	-	-
	KW	1,4	2,3	3,3	4,2	-	-	2,2	3,6	5	6,5	-	-
37 (5)	L/min	260	250,5	242,5	236	230,5	216	403	393,5	385,5	379	373,5	359
	KW	1,5	2,5	3,4	4,3	5,3	8,2	2,5	3,8	5,3	6,7	8,2	12,4
75 (10)	L/min	267	261	255	250,5	246,5	237	410,5	403	398,5	393,5	389,5	379
	KW	1,8	2,7	3,6	4,6	5,5	8,4	2,9	4,3	5,8	7,1	8,6	12,9
380 (50)	L/min	276	273,5	271	269,5	268	264	420	417	414,5	413	411	406,5
	KW	2,8	3,8	4,6	5,6	6,6	9,4	4,8	6,2	7,7	9	10,5	14,8
760 (100)	L/min	278,5	276	274,5	273	272	269	421,5	419	417,7	416	415	412
	KW	3,2	4,2	5	6	7	9,8	5,5	7	8,4	9,8	11,2	15,5
1500 (200)	L/min	281	279	277,5	277	276	273,5	423	421,5	421	420	419	417
	KW	3,6	4,6	5,4	6,4	7,4	10,2	6,2	7,7	9,1	10,6	11,9	16,2

(Industrias Lagun-Arte, S.A.;, 1999)

Tabla 2.2

Desempeño Bomba Central Hidráulica 2.



(Industrias Lagun-Arte, S.A., 1999)

Motores.

Tipo: MH 160M IP55.

Número de Polos: 2-8.

Potencia: 15CV/11KW.

Velocidad Aprox: 1455-1755 r.p.m.

Rendimiento: 88.5%.

Factor de Potencia: 0.82.

Voltaje: (380-420)(440-480) Voltios trifásico delta-Y.

Tensión máxima: 660 voltios en estrella hasta 1.5KW.

Intensidad: 23 amp.

Par Nominal: 72 Nm.

Doble Filtro Intercambiable:

Intercambiador de calor:

Tabla 2.3

Intercambiador Central Hidráulica.

	Unidad	Lado Caliente	Lado Frio
Fluido		Aceite	Agua
Caudal Volumétrico	m ³ /h	39	50
Temperatura:			
Entrada	°C	52	28
Salida	°C	42	31.4
Perdida de carga	mca	13.18	1.42
Calor Intercambiado	Mcal/h		167.9
Densidad	Kg/m ³	890	994.5
Calor específico	kcal/Kg, °C	0.482	0.999
Conductividad Térmica	kcal/Kg,h, °C	0.104	0.53
Viscosidad:			
Entrada	cP	100	0.836
Salida	cP	159.9	0.777
Area	m ²		17.28
Numero de Placas			74
Material dePlacas			ASI 316
Presion Diseño/prueba	atg		10.0/13.0
Temp de Diseño	°C		55.0

(Industrias Lagun-Arte, S.A., 1999).

Central Hidráulica.

Para los diferentes movimientos que realiza el tren de laminación, se requiere una central que provea de presión hidráulica; esta presión debe ser suficientemente alta para imprimir la fuerza requerida para mover los cilindros que empujan las palanquillas a los largo del horno, mover los motores hidráulicos para el ajuste de la luz, extender y contraer los cilindros de las pestañas que aseguran las cajas al piso entre otras funciones. Para ello, se requiere cumplir con presiones de trabajo requeridas y caudales, asegurando cumplir con las velocidades y fuerza requeridas para la función asignada.

La central de aire aceite se encarga de llevar a todos los rodamientos y partes móviles del tren grasa con aire presurizado para su lubricación. Esta central lubrica los elementos como rodamientos y cadenas, y no tiene retorno de grasa, por lo que la grasa distribuida se queda regada a lo largo del tren. La grasa permite evitar el desgaste de los elementos móviles del tren, mientras que el aire a presión

permite distribuir la grasa a lo largo de los elementos para mejorar y aumentar el tiempo de vida de los mismos.

Movimiento de las cajas.

Para todas las cajas existen movimientos hidráulicos que permiten cumplir con algunas de las funciones que debe realizar el tren de laminación. Los movimientos que se producen en las cajas son los siguientes:

Ajuste de luz.

Permite variar el diámetro de la varilla a la salida de la caja para poder obtener un producto con las características necesarias. Este movimiento se produce por medio de electroválvulas que controlan el movimiento de un motor hidráulica que mueve un tornillo que eleva o baja al rodillo superior de las cajas, ajustando el diámetro de la varilla.

Conexión de Cardanes.

Al momento de laminar los rodillos se ven expuestos a esfuerzos muy grandes así como también vibraciones. El cardan permite amortiguar estas vibraciones para que estas no sean transmitidas a los reductores y así evitar daños y desgastes prematuros de los elementos. Este cardan está ubicado entre la caja reductora y la caja de los rodillos y su bloqueo o conexión se realiza mediante un cilindro que conecta la caja reductora al cardán que se encuentra sujeta la caja de los rodillos laminadores.

Bloqueo de las cajas.

Este bloqueo mueve cilindros de recorrido corto y diámetro grande, que permiten fijar las cajas de los rodillos al piso mediante pestañas en la punta de los cilindros. De esta manera la caja no se mueve a lo largo del proceso de laminación.

Extracción de cajas verticales.

Algunas de las cajas dentro del tren están dispuestas de manera vertical, es decir el eje de los rodillos está de forma vertical al plano del piso. Los cilindros de extracción de las cajas verticales empujan y jalan las cajas que sujetan los rodillos para poder removerlos de la estructura. En las cajas horizontales, la caja que sujeta los rodillos está libre para poder ingresar la cadena y gancho de la grúa y así poder retirarlo, pero en las cajas verticales debido a su disposición, no permite que la grúa con su cadena y gancho retiren la caja con normalidad. Por esta razón el cilindro expulsa la caja afuera de la estructura para que la grúa pueda levantarla, así mismo cuando la casetera de rodillos regresa, jala a esta para ubicarla dentro de la estructura.

Movimientos de laminación.

Estos movimientos son de rotación de los rodillos para laminar las palanquillas de acero, pero ya constan como movimientos principales o sistemas principales del tren de laminación.

2.1.1.5. PRODUCTOS ANDEC S.A.

Varillas Soldables.

Son barras de acero de baja aleación, que recibieron tratamiento térmico controlado y adquirieron magníficas propiedades mecánicas: alta ductilidad resistencia y flexibilidad, durante el proceso de laminación, por lo que son ideales para las estructuras de hormigón armado, las construcciones de diseño sismo resistente y donde se requieran empalmes por soldadura.



Figura 2.16.- Varilla Soldable.

Fuente: (BAZTAN, s.f.)

Su forma Corrugada (figura 2.16) permite una mejor adherencia con el hormigón o concreto, perfecto para uso en construcciones.

Medidas:

Varilla Liza: 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28 y 32 mm de diámetro.

Varilla Corrugada: 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25 y 28, 32 mm de diámetro.

Barra cuadrada: 9, 11 y 15 milímetros de lado.

Alambre Trefilado.

Alambre obtenido por trefilado en frío, cuya sección es circular y de superficie lisa. Se utiliza para elaborar electrodos de soldadura, armaduras, postes de luz, viguetas, tapas de canalización, tuberías de hormigón armado, ganchos, pasadores, remaches, asaderos, canastillas metálicas. El alambre trefilado se elabora conforme la norma NTE-INEN-1510.

Son comprados en gran cantidad por numerosas empresas dedicadas a productos con el acero como clavos, tornillos, herramientas, etc. Ideal Alambrec es uno de sus principales compradores para este producto.

Además, este alambre sirve para realizar las mallas electro-soldadas, un producto más de ANDEC S.A usado en el sector de construcción, para pisos y lozas.

Armaduras Conformadas.

Es un sistema que nace se elabora por soldadura eléctrica de punto. Cada parte se lo realiza a mano, las curvaturas de las barras luego de ser hechas, se sueldan a las barras largas para formar la estructura (figura 2.17). Estos productos sirven para elaborar las columnas en las construcciones.



Figura 2.17.- Armadura Conformada.

Fuente: (ANDEC, s.f.)

Alambrón.

Producto laminado en caliente, de sección circular maciza, diámetro no inferior a 5.5 mm y se presenta en rollos (figura 2.18). Material adecuado para el trefilado y elaboración de electro mallas, clavos, remaches, grapas, alambres, cadenas, entre otros.



Figura 2.18.- Alambrón.

Fuente: (HoldingDine, s.f.)

Medidas:

500-540 Kg, Armados en paquetes de 2 toneladas.

Lizo: 5.5, 6.5, 8, 10 y 12 mm de diámetro.

Corrugado: 8,10 y 12 mm de diámetro.

Alambre Grafilado.

Se obtiene por trefilación y posterior conformación en frío. La superficie presenta resaltes uniformemente distribuidos con el objeto de aumentar su adherencia con el hormigón. Excelente material para elaborar mallas electro soldadas y como refuerzo en estructuras de hormigón armado.

Mallas Electro Soldadas.

Alambres de acero conformado o liso, que se entrecruzan; cuyos puntos de contacto se sueldan por el proceso de soldadura por resistencia eléctrica como se muestra en la figura 2.19. Se utilizan en la construcción de losas de entrepiso, cubiertas, cisternas, piscinas, canchas, muros de contención, paredes, pisos, terrazas, pistas de aeropuertos, decoración, canchas y canales hidráulicos.

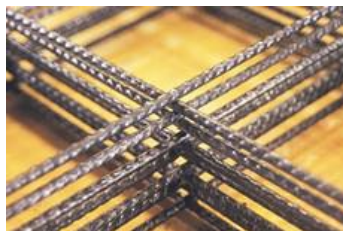


Figura 2.19.- Mallas Electro-Soldadas.

Fuente: (HoldingDine, s.f.)

2.1.2. LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SERVICIOS AUXILIARES

Fabricas industriales requieren de controles exhaustivos para el arranque de máquinas y procesos por la razón de ser estos riesgosos para la vida de los obreros. Es por esta razón que la mayor cantidad de código de programa en los autómatas programables está destinada a controlar el encendido de máquinas, tomando en cuenta un sinnúmero de características y recomendaciones propias de la fábrica y propias de los elementos involucrados para mitigar este factor de riesgo. Por lo expuesto anteriormente se requiere conocimientos de la estructura de control que existe en el PLC SISTEAM M para los distintos elementos en los que interviene los servicios auxiliares.

El código de programación del SISTEAM M está estructurado en su mayoría por bloques de programación que cumplen las funciones normales de cualquier Función en un PLC Siemens. Estos bloques de programación están divididos en los grupos:

- Sistemas Auxiliares:

- Central Hidráulica.
- Primer bloque de programación Lubricación cajas 1-7.
- Segundo bloque de programación Lubricación cajas 1-7.
- Primer bloque de programación Lubricación cajas 8-15.
- Segundo bloque de programación Lubricación cajas 8-15.
- Central Aire Aceite.
- Movimientos Zona Desbaste:
 - Selección de caja 1-5 y permisos.
 - Elaboración de Marcas de Condiciones.
 - Ajuste de Luz.
 - Conexión de la caja Cardan.
 - Desbloqueo Parcial de las cajas.
 - Desbloqueo total de las cajas.
 - Ajuste de canales.
 - Extracción de Cajas verticales.
 - Generación de Alarmas cajas 1-7.
 - Movimientos JOG.
- Movimientos Zona Intermedio:
 - Selección de caja 6-11 y permisos.
 - Elaboración de Marcas de Condiciones.
 - Ajuste de Luz.

- Conexión de la caja Cardan.
- Desbloqueo Parcial de las cajas.
- Desbloqueo total de las cajas.
- Ajuste de canales.
- Extracción Transversal de cajas verticales.
- Bloqueo de ampuestas y ajuste de luz durante laminación.
- Transmisión de cajas convertibles.
- Desbloqueo de giro columna.
- Giro de cajas convertibles.
- Movimientos JOG.
- Movimientos Zona Acabador:
 - Selección de caja 6-11 y permisos.
 - Elaboración de Marcas de Condiciones.
 - Ajuste de Luz.
 - Conexión de la caja Cardan.
 - Desbloqueo Parcial de las cajas.
 - Desbloqueo total de las cajas.
 - Bloqueo de ampuestas.
 - Extracción cajas verticales.
 - Giro de cajas convertibles.
 - Movimientos JOG.

- Alarmas cajas 8-15.
- Salida del Horno-Entrada Tren.

2.1.2.1. CENTRAL HIDRAULICA

La central hidráulica (figura 2.20) está compuesta de dos bombas que se encargan de presurizar el aceite a niveles de 100 y 120 bares, suministrando aceite al sistema para realizar los movimientos en cajas.



Figura 2.20.- Central Hidráulica.

EL código de programación verifica los parámetros de funcionamiento de la central como temperaturas, presiones y niveles de aceite para realizar alarmas que permitan apagar el equipo de no existir condiciones normales de funcionamiento, además elabora bits de confirmación de las condiciones actuales en las que se encuentra el equipo tales como bomba encendida, si se encuentra en modo manual desde botonera o si se encuentra en mando desde HMI.

El código de programación usa funciones que permiten realizar un control donde toda variable indispensable para el funcionamiento de la central hidráulica es monitoreada para dar permiso de cambios de estado en los equipos. Estas funciones se las conoce como condiciones permanentes y condiciones iniciales.

Condiciones Permanentes:

Son condiciones que una vez prendido el equipo se deben mantener para que este no se apague.

Condiciones Iniciales:

Son condiciones en las cuales se debe tener el equipo para poder arrancar.

Cabe destacar que estas condiciones permanentes e iniciales son individuales para cada actuador, es decir, existe una condición permanente y una condición inicial para cada bomba de la central del hidráulico. La razón de ser individuales se debe a la independencia de fallo de cada una.

Luego de las condiciones permanentes e iniciales, se generan condiciones para el encendido y apagado de la Bomba 1, tales como accionamientos de botones, ordenes desde HMI o automáticamente encenderse si la otra bomba entra en fallo.

Se generan alarmas en el caso de que las bombas por alguna razón no se llegaran a prender incluso después de haber recibido la orden de encendido, enviando indicadores de fallo que permiten encender alarmas luminosas para identificar la existencia de fallo en el sistema. Estos indicadores están tanto en el HMI así como también en los PML (Puestos de Mando Local o botoneras).

De igual manera ocurre con la bomba 2, se realizan los mismos controles, la generación de bits de verificación, las condiciones de fallo, alarmas, visualizaciones en HMI y en salidas a focos para PML.

2.1.2.2. CENTRAL DE LUBRICACIÓN

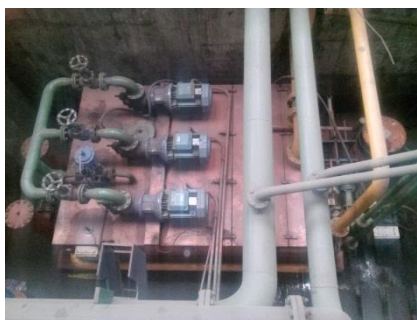


Figura 2.21.- Central Lubricación.

Existen dos centrales de lubricación (figura 2.21) que distribuyen aceite lubricante a las cajas (Central 1 cajas 1-7, Central 2 cajas 8-15). Estas dos centrales son idénticas y las funciones, controles y código son semejantes, por lo que explicar la lógica de programación de una de ellas basta para poder entender el funcionamiento de ambas.

Se manda una señal al PLC que permite verificar cuantas bombas se encuentran trabajando al mismo tiempo o si no existen bombas trabajando. Además se genera una señal que permite que el sistema entre en funcionamiento.

Una vigilancia automática permite monitorear el estado de funcionamiento de las bombas, en las que se revisa que las órdenes de arranque se hayan enviado a las bombas esperando una señal de respuesta de que la orden se ha ejecutado correctamente, si esta orden no se ejecuta en un periodo de tiempo, se genera una alarma de discordancia.

Se seleccionan las bombas que estarán en reserva, es decir, las que no entraran a funcionar a menos que una de las otras falle, estas selecciones pueden ser hechas desde el HMI como desde Pupitre. Para ello realiza una señal que permite contabilizar cuantas bombas se encuentran en funcionamiento además de otra señal que verifica que el grupo de bombas entro a trabajar.

Así mismo como sucede en la central del hidráulico, se realizan señales que se envían al HMI para indicar las condiciones en las que se encuentra el sistema.

Así como el resto de centrales, existe la opción de colocar al sistema en mando local o en mando remoto mediante permisos que deben ser entregados por el pupitre principal donde se encuentran las pantallas de monitoreo.

El código de programación contempla un sistema automático de encendido de bombas secuencialmente, es decir, que permitirá encender las bombas con lapsos de tiempo después de que otra se haya encendido, para rotar sus tiempos de trabajo como también evitar elevar la corriente de consumo del sistema a valores anormales.

2.1.2.3. CENTRAL AIRE ACEITE

La central de aire aceite (figura 2.22) está controlado por un PLC MULER, por lo que el código de programación del PLC Sisteam M solo permite mandar una orden de encendido o apagado, y recibir señales de las condiciones en las que se encuentra operando el sistema.



Figura 2.22.- Central Aire Aceite.

Se realiza una revisión de discordancia tal cual como sucede con las discordancias de la central de lubricación.

Luego procede el código de enviar la orden de encendido y apagado de la central aire aceite junto con todas las condiciones que debe cumplir para entrar en funcionamiento, y luego espera recibir la señal de confirmación de marcha del sistema.

2.1.2.4. MOVIMIENTOS EN LAS CAJAS

Para los movimientos de las cajas se debe tener condiciones iniciales y condiciones permanentes donde se verifican que los sistemas auxiliares se encuentran trabajando. Los movimientos que ejecuta el programa se divide en los bloques de programación que se definen en el apartado 2.1.2. A continuación se redacta el funcionamiento de cada bloque de programación, cabe mencionar que los movimientos JOG, movimientos ampuestas y demás bloques con nombre similar entre los sistemas desbaste, intermedio y acabador, comparten la misma lógica de funcionamiento.

Selección de cajas:

El bloque de programación cambia de estado un bit que verifica que los motores estén parados y desconectados lo que permitirá posteriormente dar permisos para poder realizar movimientos en cajas. El código de programación presenta luego la recepción de la petición de selección de caja desde PML en donde se verifica que la caja seleccionada no se encuentre bloqueada para poder realizar un bit que habilita los movimientos hidráulicos en la caja seleccionada. También se realiza una señal habilitadora de selección de caja cuando ingresa la

confirmación de que el número de caja fue seleccionado. Esta misma lógica de código se genera para todas las cajas, desde la uno a la quince.

Posteriormente controla un bit de permisos de movimientos hidráulicos, un bit de movimientos de laminación y un bit de movimientos JOG (giro lento de los motores que mueven los rodillos laminadores). Estos bits están habilitados siempre y cuando cumplan con parámetros de estado de los equipos.

Luego se envían señales a la salida del PLC para encender luces indicadores de las condiciones en las que se encuentra la caja para todas las zonas (Desbaste, Intermedio y Acabador).

Por último, por medio de una entrada digital, se ingresa un permiso para habilitar botonera o PML.

Elaboración de marcas:

Este bloque de programación genera un sin número de banderas que permiten resumir los estados de toda el área de cajas, siendo estas desbaste, intermedio y acabador. Las banderas se usan a lo largo de todo el resto de código de programación como una manera resumido de conocer el estado de las cajas junto con todos los estados posibles de los elementos hidráulicos. Por colocar un ejemplo, uno de las banderas resume el estado de las ampuestas de una de las zonas del tren, lo que posteriormente se usa para mandar una señal de equipo en condiciones para laminar.

Ajuste de Luz:

Para el ajuste de luz, se deben tener condiciones de motores parados, el ajuste de luz requiere de un permiso de movimientos hidráulicos para su ejecución y de una orden que habilita el uso del PML, ya que únicamente con la botonera se puede realizar los movimientos hidráulicos. La botonera cuenta con los movimientos de abrir y cerrar luz más una orden de bloqueo de ampuestas que se genera en un bloque de programación aparte que sirve para bloquear el movimiento de los elementos que ajustan la luz.

Conexión del Cardan:

El cardan es el elemento mecánico que permite amortiguar las vibraciones y golpes generados por los rodillos al laminar, haciendo q estos no se transmitan a los reductores y al motor. Para poder mover el cilindro de conecta el cardán, se deben tener los permisos de movimientos hidráulicos más la habilitación del PML de la zona. El funcionamiento es simple, para conectar el cardan se debe tenerlo alineado los agujeros del pasador, el cilindro se extiende y lo conecta los ejes de transmisión desde el reductor hasta el cardan. El cilindro tiene finales de carrera para determinar el estado de la conexión del cardan, y permitir generar las señales de listos para laminar.

Desbloqueo parcial de las Cajas:

El bloqueo parcial cumple la misma función que el bloqueo total, con la única diferencia de que está hecha para las cajas verticales. Requiere de una señal de permisos de movimientos hidráulicos más la habilitación del PML de la zona. Cumple la función de desbloquear la caja vertical por un periodo corto de tiempo.

Desbloqueo de las Cajas:

Cumple con la función de desbloquear las cajas del tren, los cilindros de bloqueo de cajas son pestañas que están normalmente fuera mediante un muelle que los mantiene en esa posición, al recibir la señal de desbloqueo se activa una electroválvula que permite el paso de aceite a presión que empuja la pestaña dentro del embolo. Para este movimiento se deben tener habilitados los permisos de movimientos hidráulicos y el PML de la zona.

Ajuste de Canal:

Los rodillos cuentan con varios canales por los que pasa la varilla. El canal que se encuentra laminando presenta desgaste después de haber cumplido con un periodo de uso, para lo cual se cambia de canal para permitir seguir laminando sin perder mucho tiempo en cambiar a otro rodillo. El ajuste de canal mueve el rodillo a lo largo de su eje mediante un cilindro que empuja la caja que sujeta los rodillos. Con la ayuda de un operario se verifica que los canales estén alineados con las guías. El cilindro que mueve las cajas es de doble efecto lo que permite tanto

mover el canal hacia adelante como hacia atrás. Para poder realizar este movimiento, los motores del tren deben estar parados y se debe generar un permiso de movimientos hidráulicos más la habilitación del PML de la zona.

Transmisión cajas convertibles:

Las cajas convertibles tienen dos accesos, uno para vertical y uno para horizontal, donde se inserta el eje de transmisión mediante un cilindro de doble efecto. Para realizar este movimiento debe el sistema contar con el permiso de movimientos hidráulicos así como la habilitación del PML de la zona correspondiente.

Extracción de cajas verticales:

La forma de las cajas verticales no permite el acceso de la grúa para poder retirar o mover las cajas donde se encuentran los rodillos, por lo que se requiere de un cilindro que empuje o introduzca la caja de la estructura para que pueda la grúa ubicarse debajo de ella. El cilindro cuenta con finales de carrera que permite verificar el estado de la caja. Así mismo como los anteriores movimientos, se requiere permisos de movimientos hidráulicos y habilitación de la botonera de la zona.

Giro de cajas Convertibles:

El giro de cajas convertibles cuenta con canales en medio círculo que permite el movimiento a posición vertical-horizontal por medio de dos cilindros que mueven la estructura. Los cilindros son de doble efecto requieren de una presión hidráulica mayor por lo que tienen que mover el peso de la estructura de la caja. Para realizar los movimientos de los cilindros se requiere permiso de movimientos hidráulicos y habilitación del PML de la zona.

Bloqueo de ampuestas:

Las ampuestas son frenos que sujetan los engranes del sistema de ajuste de luz, haciendo que este no se mueva durante el trabajo de laminación. Existe este sistema para evitar que las grandes fuerzas a las que se somete los rodillos no puedan dañar a los dientes del sistema de engranajes. Para poder activar el

bloqueo de ampuestas debe haber permisos de movimientos hidráulicos, habilitación de botonera además de no estar realizando movimientos de ajuste de luz. Cuando se requiere ajustar la luz, primero se debe desbloquear las ampuestas.

Bloqueo de Giro:

Bloquea el sistema de movimiento que gira las columnas cuando estas se encuentran en posición horizontal o posición vertical. Está compuesta de dos cilindros que se introducen en cavidades que evitan que se mueva la estructura de las cajas. Para poder realizar el movimiento de giro de convertibles, primero se debe desbloquear el giro de las columnas. Para realizar el bloqueo o desbloqueo de giro se debe contar con el permiso de movimientos hidráulicos y tener habilitado el PML de la zona.

Movimientos Jog:

Los movimientos jog permiten mover los motores de las cajas para poder realizar pruebas del pase de la varilla, pero a diferencia de un movimiento normal de los motores, estos se mueven de manera lenta para permitir al operario calibrar los canales. Para este movimiento se deben tener permisos de listo para laminación además de tener habilitado el PML de la zona.

CAPITULO III SISTEMA HIDRÁULICO

3.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema hidráulico en ANDEC S.A. es un sistema crítico en el proceso de laminación, ya que permite el movimiento físico de las quince cajas del tren. En cuanto a su automatización, el sistema cuenta con el control del PLC System M y su funcionamiento se explica en el apartado 2.1.2.1 de este documento.

3.2. ELEMENTOS.

3.2.1.1. MOTORES

El sistema posee dos motores “ABB” para impulsar las bombas, cuyas características técnicas son:

Tabla 3.1

Características técnicas motores sistema hidráulico.

Motor sistema hidráulico	
3GAA 162033 ADG,002,009	
Conexión	3~
Voltaje nominal	440 [V]
Corriente nominal	35,7 [A]
Potencia nominal	21,6 [KW]
Factor de potencia	$\text{Cos}(\varphi)=0,86$
Frecuencia	60 Hz
RPM	1760

(Catálogo motores ABB).



Figura 3.1.- Motores sistema hidráulico.

3.2.1.2. BOMBAS

Las dos bombas existentes poseen una presión máxima de 160 bares; una de las bombas se encuentra regulada a una presión de 100 bares, encargándose del movimiento “Bloquear Ampuestas” y demás movimientos. La segunda bomba, regulada a una presión de 120 bares, es utilizada para el cambio de canal de la caja 2, además, para “Abrir luz” y “Cerrar luz” de las cajas 1 a 8.



Figura 3.2.- Bombas de sistema hidráulico.

3.2.1.3. RESERVORIO Y ACEITE

El depósito es diseñado para que cumpla con varias funciones, en primer lugar, sirve de almacenamiento para el fluido requerido por el sistema. El depósito también debe tener espacio para que el aire pueda separarse del fluido y debe permitir igualmente que los contaminantes se sedimenten, además ayuda a disipar el calor generado en el sistema.

Una placa desviadora se extiende a lo largo del centro del tanque. Tiene generalmente $2/3$ de la altura del nivel de aceite y se usa para separar la línea de entrada de la bomba de la línea de retorno, de forma que el mismo fluido no pueda recircular continuamente, sino que realice un circuito determinado por el tanque.

De esta forma la placa desviadora impide que se origine una turbulencia en el tanque, permite que las materias extrañas se sedimenten en el fondo, ayuda a separar el aire del fluido y ayuda a disipar el calor a través de las paredes del tanque.

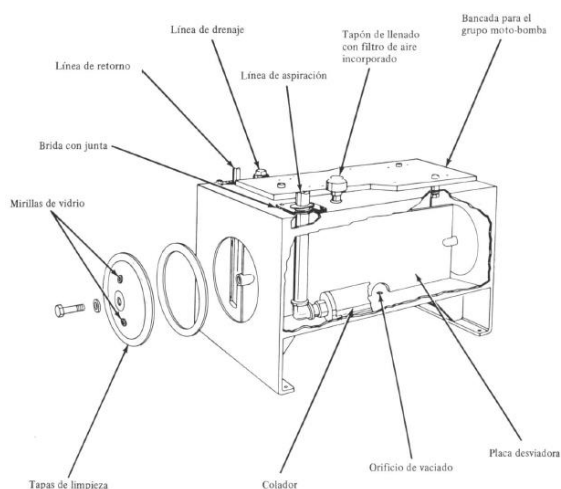


Figura 3.3.- Partes de un reservorio de un sistema hidráulico. (Vickers, 2008)

El reservorio consta de un espacio de almacenamiento de 250 litros construidos por el fabricante, se le realizó una ampliación por medio de otro reservorio de las mismas dimensiones para permitir tener más tiempo de enfriamiento del aceite cuando llega al contenedor. Actualmente se cuenta con 500 litros de aceite ISO 68AW en el reservorio, cuyas características técnicas se presentan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2

Datos técnicos Aceite ISO 68 AW.

Datos técnicos	
Aceite ISO 68 AW	
Parámetro	Valor
Temperatura de inflamación	220 °C
Temperatura de escurrimiento	-9 °C
Densidad a 15,6 °C	0,8875 kg/l
Estado físico	Líquido
Color	Ámbar brillante
Olor	Característico (Hidrocarburo)
Solubilidad en agua	No soluble
Viscosidad cinemática 40 °C	64.60 mm ² /s

Viscosidad cinemática 100 °C	8,50 mm ² /s
Estabilidad química	Estable
Gravedad API	30.5



Figura 3.4.- Reservorio de sistema hidráulico.

3.2.1.4. INTERCAMBIADOR DE CALOR

Como ningún sistema tiene un rendimiento del 100%, el calor constituye un problema general. Por esta razón, hay que refrigerar cuando el fluido tenga una temperatura determinada.

El intercambiador de calor, es de contacto indirecto regenerativo de flujo paralelo, consta de un pequeño cilindro por donde pasa el agua (refrigerante) y por un cilindro de mayor diámetro, retorna el aceite que es enfriado por el agua, al ser un intercambiador tan pequeño, la temperatura no desciende mucho, la variación de temperatura medida de intercambio es de tan solo 3 °C (retorno de aceite 58-60°C a 55-57°C en el reservorio), pero esto ayuda a que el aceite no tenga un descenso en su viscosidad por el aumento de temperatura en ausencia de este pequeño intercambiador. En la figura 3.4 se indica el intercambiador de calor del sistema Hidráulico.



Figura 3.5.- Intercambiador de calor del sistema hidráulico.

3.2.1.5. FILTROS

Los fluidos hidráulicos se mantienen limpios en el sistema debido, principalmente, a elementos tales como filtros y coladores.

En el sistema existen dos tipos de filtro, primero se tiene el filtro de aireación de depósito y segundo el filtro de retorno al tanque.

Construidos para una separación eficaz de partículas sólidas del aire que entra en el depósito de aceite, el filtro de aireación de depósito, de marca “HYDAC” de tipo ELF se compone de un filtro de aire en la parte superior, que está conectado por medio de un cierre bayoneta con brida de fijación. El filtro de aire está asegurado con una cadena. Las características del filtro se muestran en la tabla 3.3:

Tabla 3.3

Filtro de aireación de depósito HYDAC.

Filtro HYDAC	
ELF P3F10W1.0/RV-SO 148	
Material	
Cuerpo	Acero Cincado revestido de plástico
Filtro de llenado	Plástico
Filtro de aire	Papel impregnado de resina de fenol
Valor de colapso	250 [psid]
Fineza del filtro	3 - 10 μm
Concentración de polvo	
Industria pesada	50 - 70 mg/m^3
Fijación	Conexión de brida
Peso	0,30 Kg

(Planos Bascotecnia).

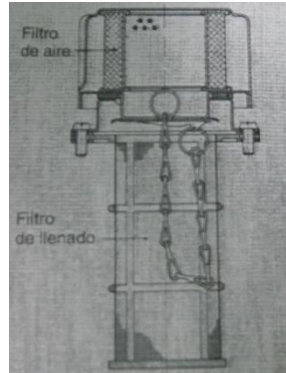


Figura 3.6.- Esquema de filtro de aireación de depósito. (Planos Bascotécnia).

Construidos para ser colocados sobre el depósito de aceite y destinados a la separación de sólidos suspendidos en el mismo, los filtros de retorno del tipo RFM, se destacan por una construcción especialmente ligera y compacta, el diseño de estos filtros está hecha para la filtración de aceites minerales y lubricantes; se componen de una cabeza de filtro separada y tapa roscada. Posee una longitud de 165 mm, el elemento filtrante está conectado por medio de un cierre de bayoneta con la cabeza de filtro, que sirve al mismo tiempo como cesta captadora de suciedad, en cuanto al producto, presenta una forma y malla uniformes, al poseer microvidrio logra tener un mayor número de micras por pulgada cuadrada, lo que le permite limpiar un 99.9% de impurezas. Las características se muestran en la tabla 3.4:

Tabla 3.4

Características técnicas filtro de retorno de sistema hidráulico.

Filtro Stauff	
RE090G10B	
O-ring Recomendado para:	
- Sellado de propósito general	
- Aceites y líquidos derivados del petróleo	
- Agua Fría	
- Grasas y aceites de silicona	
- Fluidos a base de glicol y etileno	
Temperatura de funcionamiento	-45 ⁰ F a 225 ⁰ F
Filtración β12	[c]=1000

CONTINÚA →

Micraje absoluto	12
Largo nominal	7,6
Valor de colapso [psid]	250
Material filtro	Microvidrio

(Fuente: Planos Bascotécnia).



Figura 3.7.- Filtro de retorno de sistema hidráulico.

3.2.2. ACCESORIOS

3.2.2.1. CILINDROS Y BOMBAS HIDRÁULICAS

Debido a la gran cantidad de estos accesorios, se los ordenará por cajas y los movimientos de cajas explicados en el apartado 2.1.1.4 a continuación:

Tabla 3.5

Movimientos hidráulicos realizados por caja.

Movimientos hidráulicos									
Cajas	1	2	3		8	9	10	11	11A
			4-5	6-7			12	13	13A
Ampuestas abrir cerrar	X	X	X	X	X	X	X	X	
Bloqueo Caja	X	X	X	X	X	X	X	X	
Cassette meter sacar	X	X							
Carro		X			X				
Enclavamiento Transmisión			X	X	X	X	X		
Bloqueo Ampuestas			X	X	X	X	X		

CONTINÚA →

Ajuste canal retro/avanc pistón			X					
Ajuste canal retro/avanc bomba hyd				X	X	X	X	
Giro vertical horizontal								X
Bloqueo columna								X
Árbol de transmisión								X

Ampuestas abrir/cerrar.- Consta de un motor hidráulico, de doble sentido de giro, se encuentran en la parte superior de las cajas.

Bloqueo caja.- Consta de 4 cilindros de simple efecto con retorno a muelle y están normalmente fuera, sus dimensiones son: diámetro del cilindro 200mm, diámetro del vástago 150mm y longitud de la carrera de 61mm.



Figura 3.8.- Cilindro hidráulico de bloqueo de caja.

Cassette meter/sacar.- Consta de un pistón de doble efecto cuyas dimensiones son: diámetro del cilindro 200mm, diámetro del vástago 90mm y longitud de la carrera de 555mm, sirve para remover el cassette para tener un fácil acceso a la caja, es exclusivo de las cajas verticales dos y nueve.

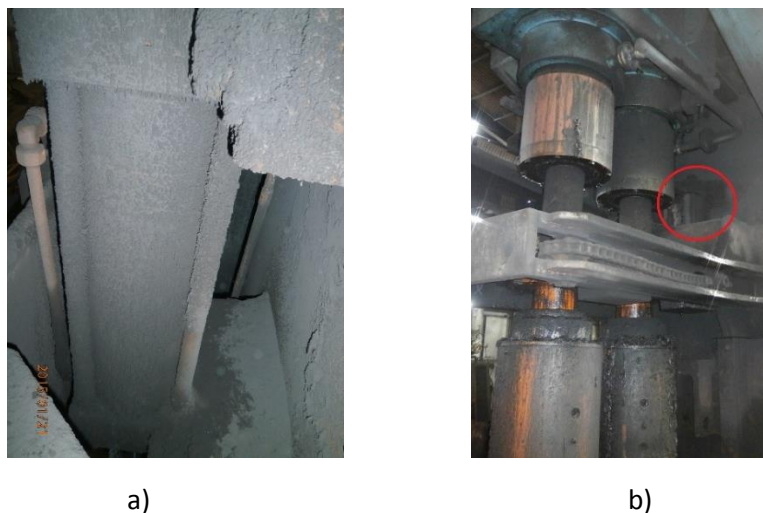


Figura 3.9.- a) Cilindro para subir/bajar Cassette de caja vertical dos. b) Ubicación de cilindro.

Carro longitudinal.- Consta de un cilindro de doble efecto con freno regulable en ambas carreras, existe únicamente en las cajas verticales, sus dimensiones son diámetro del cilindro 125mm, diámetro del vástago 70mm y longitud de la carrera de 1600mm, una vez la caja se baja para ser desmontada, se asienta en rieles, y este cilindro hidráulico es el encargado de sacarla o posicionarla.



Figura 3. 10.- a) Cilindro carro longitudinal de caja vertical dos. b) Ubicación de cilindro.

Enclavamiento Transmisión.- Consta de un cilindro de doble efecto cuyas dimensiones son diámetro del cilindro 63,5mm, diámetro del vástago 36mm y longitud de la carrera de 180mm.



Figura 3.11.- Cilindro hidráulico de Soporte cardán.

Bloqueo Ampuestas.- Consta de cuatro cilindros de diámetros de 45mm x 100, estos son especiales, funcionan de manera mecánica, son varios discos juntos, que sin presión en ellos, bloquean la ampuestas, y se desbloquean cuando llega presión a estos.



Figura 3.12.- Cilindro hidráulico para bloqueo de ampuestas.

Ajuste canal retroceso/avance con pistón.- Consta de un pistón de doble efecto cuyas dimensiones son: diámetro del cilindro 160mm, diámetro del vástago 70mm y longitud de la carrera de 755mm; los rodillos por donde pasa la palanquilla poseen varios orificios para laminar, cuando esta pasa por las cajas y desgasta cierto diámetro del rodillo, se procede a cambiar el canal, desde la caja 8 hasta la caja 15.



Figura 3.13.- Cilindro hidráulico para cambio de canal.

Ajuste canal retroceso/avance con motor hidráulico.- Consta de un motor de caudal constante de doble sentido de giro, a partir de la caja número ocho, se tiene rodillos más grandes, es por esta razón que en vez de un pistón para moverlo tienen motores acoplados a un tornillo sin fin que se une con una corona a la caja, al girar el motor, mueve el canal usando este mecanismo.



Figura 3.14.- Motor hidráulico para cambio de canal.

Giro vertical horizontal.- Único de las cajas convertibles, este movimiento hidráulico consta de un divisor de flujo mecánico, al girar el divisor de flujo, mueve de manera simultánea dos pistones de doble efecto cuyas dimensiones son diámetro del cilindro 200mm, diámetro del vástago 110mm y longitud de la carrera de 1530mm, además consta de un sistema de seguridad para retorno al tanque mediante un juego de válvulas y otro para evitar vacío dentro de los cilindros por el peso de las cajas.

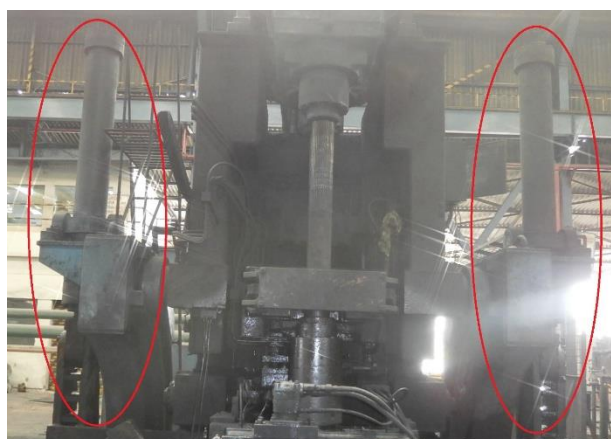


Figura 3.15.- Cilindros hidráulicos para realizar giro de caja.

Bloqueo columna.- Único en cajas convertibles, consta de dos cilindros de simple efecto con retorno a muelle normalmente afuera, cuyas dimensiones son diámetro del cilindro 200mm, diámetro del vástago 135mm y longitud de la

carrera de 49mm, activados simultáneamente, mientras el bloqueo se mantiene activo, la caja no puede ser girada.



Figura 3.16.- Cilindro hidráulico de bloqueo columna.

Árbol de transmisión.- Único en cajas convertibles, consta de un pistón de doble efecto, con freno regulable en ambas carreras cuyas dimensiones son diámetro del cilindro 80mm, diámetro del vástago 56mm y longitud de la carrera de 1600mm, este árbol transmite la potencia de la caja reductora, para caja horizontal cuando está retraído o se cambia de posición y para caja vertical cuando está extendido.



Figura 3.17.- Vástago de cilindro hidráulico árbol de transmisión. (Fuente: Autores).



Figura 3.18.- Cilindro hidráulico árbol de transmisión.

3.2.2.2. VÁLVULAS

Debido a la gran cantidad de válvulas que posee la planta, se las ordenará por movimientos, ya que se tienen los mismos elementos en cada uno de los circuitos hidráulicos, a continuación.

Tabla 3.6

Válvulas existentes en el sistema hidráulico 1.

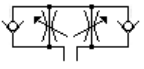
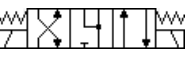





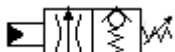
Válvulas	Válvula	Válvula 4v 3p	Válvula 4v 2p
			
Ampuestas abrir cerrar	X	X	
Bloqueo Caja	X		X
Cassette meter sacar		X	
Carro		X	
Enclavamiento Transmisión			X
Bloqueo Ampuestas			X
Ajuste canal retro/avanc pistón		X	
Ajuste canal retro/avanc bomba hyd		X	
Giro vertical horizontal	X	X	
Bloqueo columna	X		X
Árbol de transmisión		X	
Descripción	Doble regulación de caudal.	Activada con solenoide y retorno a muelle.	Activada por solenoide y palanca manual o retorno a muelle.

Tabla 3.7

Válvulas existentes en el sistema hidráulico 2.

Doble check	Contrapresión	Check	Microswitch	Válvula 2v 2p
				

X			X	
		X		
X	X			
	X			
	X	X		
		X		
		X		
		XXXX		XX
X			X	
X	X	X		
Válvula pilotada por la presión del circuito.	De contrapresión con pilotaje interno.	N/A	De presión, mecánico y regulable.	Check y regulación variable.

Todas las válvulas son de marca Rexroth, alcanzan una presión de hasta 210 bares y un caudal de máximo 40 L/min, soportan un rango de temperatura de -20 a 80 [°C] y el fluido que pasa por este puede tener una viscosidad de 2.8 a 500 mm²/s, por ellas puede pasar aceite mineral (HL, HLP), fluidos hidráulicos degradables rápidamente en forma biológica, HETG (aceite de colza), HEPG (poliglicol), HEES (éster sintético).

3.2.2.3. TUBERÍAS

En cuanto a las tuberías se cuenta con una red muy amplia, pero bien distribuida; las tuberías parten de la central hidráulica y la presión de las bombas es enviada a cada uno de los bancos de válvulas que se encuentran en cada caja, por motivos de know how, no se presentan planos de diseño ni constructivos, como Anexo se presenta un esquema donde se hallan las distancias y la cantidad de accesorios de la red de tuberías para las cajas 1-15 del tren.

3.3. MANTENIMIENTO

Para evaluar el nivel de mantenimiento que se realiza en la central hidráulica, se utilizará la norma DIN 31 051 para la conservación, esta norma entiende por “Conservación” a la inspección, mantenimiento y reparación, en este caso del sistema hidráulico.

Inspección.- Medidas para reconocer y analizar el actual estado y porque se ha producido el desgaste del equipo.

Mantenimiento.- Medidas para conservar el estado original, es decir mantener tan reducido como sea posible el desgaste durante la vida útil.

Reparación.- Medidas para reponer el estado original, es decir recuperar la capacidad operativa.

Tabla 3.8

Tabla de inspecciones que deben realizarse en el sistema.

Inspección	
– Verificación del nivel de fluido en el tanque.	Diario
– Control del funcionamiento del intercambiador de calor	Bimensual
– Verificación externa de la estanqueidad del equipo	Semanal
– Verificación de la temperatura del fluido durante el servicio	PLC tiempo real
– Control de las presiones	PLC tiempo real
– Caudal de fugas	No
– Control de la limpieza del fluido	Micro filtrado semestral
– Controlar el ensuciamiento del filtro.	Semanal
– Verificación de las características químicas del fluido.	Mensual
– Verificación de la temperatura de cojinetes.	No
– Control de la emisión de ruidos.	No
– Control de potencia y velocidad	PLC tiempo real
– Verificación del sistema de tuberías y mangueras	Solo en cajas

(Fuente: DIN 31 051)

Tabla 3.9

Tabla de mantenimiento que deben realizarse en el sistema.

Mantenimiento	
– Libro de mantenimiento	No
– Control del nivel de fluido hidráulico	PLC tiempo real
– Control de filtro de aceite	Mensual
– Control de filtro de aspiración	Cuando se repone aceite
– Se debe medir la temperatura de servicio.	PLC tiempo real
– Cambio de tuberías	Correctivo
– Fugas en el sistema de tuberías	No
– Verificar la presión principal y de mando	PLC tiempo real

(Fuente: DIN 31 051).

En cuanto a la reparación, se tiene presente el encontrar la falla y corregir el problema en el menor tiempo posible.

De las tablas anteriores se analiza lo siguiente, los valores monitoreados en el PLC son en tiempo real, se tiene alarmas indicando si se cuenta con problemas, y se realiza una inspección periódica para ver que los sensores funcionen correctamente por parte del taller electrónico.

En cuanto al intercambiador de calor, se monitorizan sus valores de temperatura a diario, junto con la verificación del nivel de aceite y se lo cambia cada dos meses, la verificación del sistema de tuberías y mangueras, no se lo lleva a cabo, siendo esta un problema, ya que las tuberías cumplen un papel vital dentro de la producción y el transporte de aceite a presión al sistema,

En cuanto al mantenimiento de la central, se encuentran varios defectos que son de consideración para el proceso descritos a continuación.

La capacidad del sistema no es la suficiente para realizar ciertos movimientos, en especial cuando se cambia una caja de horizontal a vertical (cajas 11 – 13 - 15); al realizar este movimiento hidráulico y activar un movimiento de una caja diferente, la velocidad de la primera caja mencionada disminuye a tal punto que conviene terminar de realizar el movimiento de giro y luego realizar otros movimiento, esto en cuanto a producción es una pérdida de tiempo al momento de realizar el mantenimiento o el cambio de medida en el tren.

La corrosión de las tuberías es un problema que demanda un gasto muy elevado de dinero, ya que las tuberías deben ser cambiadas periódicamente por culpa de los desperdicios de laminilla. Las tuberías en peores condiciones se encuentran enterradas bajo 15 centímetros de laminilla mezclada con agua caliente, resultante del sistema abierto de refrigeración, esto es un problema para el sistema ya que la corrosión causa fugas y estas degradan la eficiencia del mismo.

La peor condición en la que se encuentra el sistema hidráulico es:

- Desbaste (Movimiento del carro de la caja dos).
- Intermedio (Giro de caja convertible once).
- Acabador (Giro de caja convertible trece o quince).

Las tuberías usadas varían entre tuberías de $\frac{1}{2}$ " o $\frac{3}{4}$ " de radio, cédula 80 y cuyo material es el hierro negro sin costura, siendo estas muy delgadas como para el uso extremo al que son expuestas.

En el caso de los movimientos, se debe contar con los pesos de las cajas, estos pesos serán los adquiridos de los planos de los diseñadores del mismo, la caja 1, 3, 8 pesan 4 toneladas, las cajas combinadas 4 - 5 y 6 - 7 pesan 6 toneladas, la caja 2 pesa 8 toneladas las cajas 10, 12, 14, pesan 6 toneladas y por último las cajas convertibles 11, 13, 15 pesan 6 toneladas, como se indicó en el inicio de este apartado, las peores condiciones de trabajo exigen al sistema mucha fuerza para realizar estos 3 movimientos sin perder mucha potencia.

3.4. EVALUACIÓN DEL SISTEMA

Se procederá a realizar dentro de esta evaluación, la medición de espesores en el sistema, ya que las tuberías están sujetas a corrosión (Pérdida de material), que va disminuyendo el espesor de la pared y que puede llegar a condiciones críticas, existen varias normas que varían entre países, condiciones de trabajo, material, entre otros, pero las normas que son más conocidas y usadas como bases para otras normas, son la API y la ASTM, que norman según la aplicación y dependiendo de las características físicas y de los procedimientos de construcción.

La medición ultrasónica para determinar el espesor real de las tuberías se hizo mediante la técnica pulso-eco de contacto directo, por pedido de la empresa, no se puede presentar los equipos utilizados para las mediciones.

3.4.1. MEDICIONES DE ESPESORES EN TUBERÍAS

Las mediciones se realizaron de la siguiente manera, se toma un muestreo de puntos de medición en el diámetro exterior del tubo, se consideran de 4 a 5 puntos de la zona a medir (se le dio prioridad a zonas que visualmente mostraban un mal estado), en cada punto se toman 3 mediciones y se realiza el promedio, luego se promedian con los demás puntos. Siendo esta una referencia de medición codificada en la que se reportan los espesores máximo, mínimo y promedio.

El promedio de las 3 mediciones por punto, se promedian nuevamente entre los 5 puntos medidos y se obtiene el espesor real encontrado en esa zona.

El sistema hidráulico consta de tuberías de cédula 80 y diámetros de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ " desde la central al banco de válvulas, es en esta zona donde se realiza la medición, se da prioridad a codos y tuberías que se hallan en condiciones de trabajo precarias.

En la tabla 3.10 se muestran los espesores nominales de las tuberías del diámetro encontrado en el sistema hidráulico.

Tabla 3.10

Valores nominales para espesores de tuberías.

Diámetro Nominal NPS DN		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Peso del Tubo	
Pulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Pulgadas (in.)	Milímetros (mm.)	lb/pie	kg/m
1/2	15	0.840	21.3	0.109	2.77	0.85	1.27
				0.147	3.73	1.09	1.62
3/4	20	1.050	26.7	0.113	2.87	1.13	1.69
				0.154	3.91	1.47	2.20
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	1.68	2.50
				0.179	4.55	2.17	3.24

(Fuente: Norma ASTM)

La forma de tomar mediciones será en las tuberías existentes entre cajas, en lugares cercanos a codos y en lugares donde se aprecie desgaste o se presencie tuberías en condiciones que pudieran perjudicarla.

Las mediciones a tomar serán en dos codos, y en 2 tramos donde se aprecie alguna falla o desgaste excesivo de la tubería, se realizará esta medición a lo largo de todo el tren.

A continuación se mostrará el método empleado para las tuberías que van de la caja 1 a la caja 2.

Tabla 3.11

Mediciones de espesor en codo de media pulgada.

Codo 1 (1/2")	Medidas (mm)	Promedio (mm)
Punto 1	2,59	2,40
	2,32	
	2,28	
Punto 2	2,80	2,56
	2,55	
	2,34	
Punto 3	2,60	2,64
	2,75	
	2,57	
Punto 4	2,28	2,37
	2,47	
	2,36	
Punto 5	2,55	2,50
	2,48	
	2,48	
	Prom. total	2,49

Tabla 3.12

Mediciones de espesor en codo de tres cuartos de pulgada.

Codo 2 (3/4")	Medidas	Promedio
Punto 1	2,60	2,57

CONTINÚA →

	2,55	
	2,57	
Punto 2	2,49	2,49
	2,40	
	2,57	
Punto 3	2,50	2,56
	2,59	
	2,60	
Punto 4	2,55	2,60
	2,61	
	2,65	
Punto 5	2,40	2,45
	2,50	
	2,45	
	Prom total	2,54

Tabla 3.13

Mediciones de espesor en tramo recto de media pulgada.

Tramo Recto 1 (1/2")	Medidas	Promedio
Punto 1	2,66	2,68
	2,67	
	2,70	
Punto 2	2,64	2,66
	2,64	
	2,69	
Punto 3	2,61	2,64
	2,63	
	2,67	
Punto 4	2,59	2,63
	2,66	
	2,65	

CONTINÚA →

Punto 5	2,60	2,64
	2,63	
	2,69	
Prom total	2,65	

Tabla 3.14

Mediciones de espesores en tramo recto de tres cuartos de pulgada.

T. Recto 2 (3/4")	Medidas	Promedio
Punto 1	2,80	2,81
	2,79	
	2,84	
Punto 2	2,80	2,74
	2,74	
	2,69	
Punto 3	2,74	2,79
	2,78	
	2,84	
Punto 4	2,92	2,81
	2,74	
	2,76	
Punto 5	2,74	2,73
	2,76	
	2,69	
Prom total	2,78	

Una vez tomadas las medidas, comparándolas con la tabla 3.9, se puede tener un criterio referente a la condición de la tubería.

Se tiene:

Tabla 3.15

Resultados de espesores en tramo de caja 1 a caja 2.

	Real	Teórico	Variación	Variación máx.	Diferencia
Codo 1	2,49	2,77	0,28	0,134	-0,146
Codo 2	2,54	2,87	0,33	0,134	-0,196
Tramo recto 1	2,65	2,77	0,12	0,134	0,014
Tramo recto 2	2,78	2,87	0,09	0,134	0,044

Los valores mostrados en la tabla anterior muestran el valor promedio medido en las tuberías (Real), el valor resultante de la diferencia entre el valor teórico y el real (variación), el valor que la norma indica como pérdida máxima de espesor en la tubería (Variación máx.), y finalmente la diferencia entre la variación máxima permitida y la variación encontrada, si el valor obtenido es positivo, significa que la tubería se encuentra aún dentro del rango permisible según la norma, por el contrario, si el valor es negativo, esto quiere decir que la tubería ha perdido un diámetro considerable y se recomienda cambiarla, en esta tabla se aprecia claramente que en los codos se tiene una pérdida de más del doble del espesor permitido (208%).

A continuación se muestra la tabla de resultados tomados en todos los tramos del tren, todos los valores de estas se hallan en pulgadas:

Tabla 3.16

Resultados de espesores en tramo de caja 2 a caja 3.

Caja 2 - Caja 3					
	Real	Teórico	Variación	Variación máx.	Diferencia
Codo 1	2,44	2,77	0,33	0,134	-0,196
Codo 2	2,54	2,87	0,33	0,134	-0,196
Tramo recto 1	2,64	2,77	0,13	0,134	0,004
Tramo recto 2	2,76	2,87	0,11	0,134	0,024

Tabla 3.17**Resultados de espesores en tramo de caja 3 a caja 4 - 5.**

Caja 3 - Caja 4-5					
	Real	Teórico	Variación	Variación máx.	Diferencia
Codo 1	2,48	2,77	0,29	0,134	-0,156
Codo 2	2,64	2,87	0,23	0,134	-0,096
Tramo recto 1	2,64	2,77	0,13	0,134	0,004
Tramo recto 2	2,73	2,87	0,14	0,134	-0,006

Tabla 3.18**Resultados de espesores en tramo de caja 4 - 5 a caja 6 - 7.**

Caja 4-5 - Caja 6-7					
	Real	Teórico	Variación	Variación máx.	Diferencia
Codo 1	2,53	2,77	0,24	0,134	-0,106
Codo 2	2,70	2,87	0,17	0,134	-0,036
Tramo recto 1	2,68	2,77	0,09	0,134	0,044
Tramo recto 2	2,77	2,87	0,10	0,134	0,034

Tabla 3.19**Resultados de espesores en tramo de caja 6 - 7 a caja 8.**

Caja 6-7 - Caja 8					
	Real	Teórico	Variación	Variación máx.	Diferencia
Codo 1	2,54	2,77	0,23	0,134	-0,096
Codo 2	2,68	2,87	0,19	0,134	-0,056
Tramo recto 1	2,72	2,77	0,05	0,134	0,084
Tramo recto 2	2,80	2,87	0,07	0,134	0,064

Tabla 3.20**Resultados de espesores en tramo de caja 8 a central hidráulica.**

Caja 8 – Central					
	Real	Teórico	Variación	Variación máx.	Diferencia
Codo 1	2,73	2,77	0,04	0,134	0,094
Codo 2	2,86	2,87	0,01	0,134	0,124
Tramo recto 1	2,78	2,77	-0,01	0,134	0,144
Tramo recto 2	2,79	2,87	0,08	0,134	0,054

Tabla 3.21**Resultados de espesores en tramo de caja central hidráulica a caja 9.**

Central - Caja 9					
	Real	Teórico	Variación	Variación máx.	Diferencia
Codo 1	2,68	2,77	0,09	0,134	0,044
Codo 2	2,80	2,87	0,07	0,134	0,064
Tramo recto 1	2,78	2,77	-0,01	0,134	0,144
Tramo recto 2	2,70	2,87	0,17	0,134	-0,036

Tabla 3.22**Resultados de espesores en tramo de caja 9 caja 10.**

Caja 9 - Caja 10					
	Real	Teórico	Variación	Variación máx.	Diferencia
Codo 1	2,55	2,77	0,22	0,134	-0,086
Codo 2	2,80	2,87	0,07	0,134	0,064
Tramo recto 1	2,66	2,77	0,11	0,134	0,024
Tramo recto 2	2,55	2,87	0,32	0,134	-0,186

Tabla 3.23

Resultados de espesores en tramo de caja 10 caja 11.

Caja 10 - Caja 11					
	Real	Teórico	Variación	Variación máx.	Diferencia
Codo 1	2,45	2,77	0,32	0,134	-0,186
Codo 2	2,58	2,87	0,29	0,134	-0,156
Tramo recto 1	2,63	2,77	0,14	0,134	-0,006
Tramo recto 2	2,70	2,87	0,17	0,134	-0,036

Tabla 3.24

Resultados de espesores en tramo de caja 11 caja 12.

Caja 11 - Caja 12					
	Real	Teórico	Variación	Variación máx.	Diferencia
Codo 1	2,66	2,77	0,11	0,134	0,024
Codo 2	2,76	2,87	0,11	0,134	0,024
Tramo recto 1	2,71	2,77	0,06	0,134	0,074
Tramo recto 2	2,60	2,87	0,27	0,134	-0,136

Tabla 3.25

Resultados de espesores en tramo de caja 12 caja 13.

Caja 12 - Caja 13					
	Real	Teórico	Variación	Variación máx.	Diferencia
Codo 1	2,40	2,77	0,370	0,134	-0,236
Codo 2	1,90	2,87	0,970	0,134	-0,836
Tramo recto 1	2,65	2,77	0,120	0,134	0,014
Tramo recto 2	2,76	2,87	0,110	0,134	0,024

Tabla 3.26**Resultados de espesores en tramo de caja 13 caja 14.**

Caja 13 - Caja 14					
	Real	Teórico	Variación	Variación máx.	Diferencia
Codo 1	2,65	2,77	0,12	0,134	0,014
Codo 2	2,71	2,87	0,16	0,134	-0,026
Tramo recto 1	2,68	2,77	0,09	0,134	0,044
Tramo recto 2	2,74	2,87	0,13	0,134	0,004

Tabla 3.27**Resultados de espesores en tramo de caja 14 caja 15.**

Caja 14 - Caja 15					
	Real	Teórico	Variación	Variación máx.	Diferencia
Codo 1	2,39	2,77	0,38	0,134	-0,246
Codo 2	2,44	2,87	0,43	0,134	-0,296
Tramo recto 1	2,55	2,77	0,22	0,134	-0,086
Tramo recto 2	2,68	2,87	0,19	0,134	-0,056

3.4.1.1. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN LAS TUBERÍAS

En primer lugar, se calcula el coeficiente de fricción, que se determina por medio de la ecuación modificada de Colebrook-White, a partir de los valores del número de Reynolds y rugosidad relativa, definido como el cociente de rugosidad absoluta (ϵ) y el diámetro (D) en mm.

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

La rugosidad absoluta (ϵ) es una característica del material de tubería, para este caso se tiene una rugosidad de 0.015 mm. Según la siguiente tabla.

Material	ϵ (mm)
Hormigón, grueso	0,25
Hormigón, liso	0,025
Tubería estirada	0,0025
Vidrio, plástico	0,0025
Hierro fundido	0,015
Alcantarillados viejos	3,0
Acero forrado de mortero	0,1
Acero oxidado	0,5
Acero forjado	0,025
Cañería principal vieja	1,0

Figura 3. 19.- Rugosidad absoluta en tuberías de ciertos materiales. (Vickers, 2008).

Para el cálculo se empieza en la forma que tienen las tuberías en el sistema hidráulico, consta de una tubería de una pulgada, que se divide en una tubería de media pulgada y en otra de tres cuartos, dando un sistema de la siguiente forma:

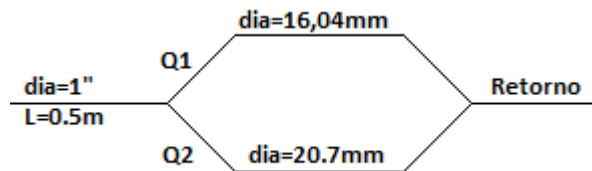


Figura 3.20.- Esquema de distribución de tuberías.

Los diámetros internos se obtienen de la tabla 3.10 de la siguiente forma:

$$\text{Diámetro externo} - 2 * \text{espesor} + 2 * \text{corrosiones}$$

Para tubería de media pulgada:

$$21,3 - 2 * 2,77 + 2 * 0,14 = 16.04 \text{ mm}$$

Para tubería de tres cuartos de pulgada:

$$20,7 - 2 * 2,87 + 2 * 0,14 = 20.7 \text{ mm}$$

Ya que la tubería se divide, se debe hallar el caudal en cada una de las tuberías.

$$\frac{Q_e^{1.852}}{D_e^{4.87}} = \frac{Q_1^{1.852}}{D_1^{4.87}} = \frac{Q_2^{1.852}}{D_2^{4.87}}$$

$$\frac{D_e}{D_i} = \frac{Q_e}{Q_1}^{0,3803}$$

$$Q_e = Q_1 + Q_2 \quad \text{Ec1}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2}^{2,63} = \left(\frac{16,04}{20,7}\right)^{2,63} = 0,511 \quad \text{Ec2}$$

Resolviendo sistema entre Ec1 y Ec2 se tiene:

$$Q_1 = 0,511 * Q_2$$

$$Q_2 + 0,51 * Q_2 = 50 \frac{\text{lbs}}{\text{min}}$$

$$Q_2 = \frac{50}{1,51} = 33,09 \frac{\text{lbs}}{\text{min}}$$

$$Q_1 = 50 - 33,09 = 16,91 \frac{\text{lbs}}{\text{min}}$$

Ahora se calcula el número de Reynolds que se define como:

$$Re = v * D * \rho / \mu$$

Donde:

V= Velocidad del flujo (m/s)

D= Diámetro interior de la tubería (m).

μ = Viscosidad dinámica del fluido (mPa.s).

ρ = Densidad del fluido (Kg/m³)

Para el cálculo de la velocidad de flujo se tiene que:

$$v = Q/A$$

Donde:

Q= Caudal de cada tubería.

A= Área transversal de la tubería.

$$\begin{aligned} A_{(1/2)} &= \frac{D^2}{4} * \pi = \frac{(16,04 \text{ mm})^2}{4} \pi = 202,07 \text{ mm}^2 * \frac{1 \text{ m}^2}{1000^2 \text{ mm}^2} \\ &= 2.0207 * 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A_{(3/4)''} = \frac{D^2}{4} * \pi = \frac{(20,7mm)^2}{4} \pi = 336,53mm^2 * \frac{1 m^2}{1000^2 mm^2}$$

$$= 3.3653 * 10^{-4}m^2$$

Por tanto:

$$v_{(1/2)''} = \frac{\left(16,91 * \frac{1}{60000}\right) \frac{m^3}{s}}{2.0207 * 10^{-4}m^2} = 1,395 \frac{m}{s}$$

$$v_{(3/4)''} = \frac{\left(33,01 * \frac{1}{60000}\right) \frac{m^3}{s}}{3.3653 * 10^{-4}m^2} = 1,635 \frac{m}{s}$$

Ya que se tienen espesores de media pulgada y tres cuartos de pulgada, se calculará la velocidad para cada una de las redes de tuberías:

De los valores de la tabla 3.2, se interpola entre los valores de viscosidad cinemática (η) a 40 y a 100 grados Celsius, para obtener el valor de viscosidad a 57 grados, temperatura de trabajo en el sistema hidráulico de fuerza que usa ANDEC S.A.:

$$\eta = \frac{(T_2 - T_1) * (\eta_3 - \eta_1)}{T_3 - T_2} + \eta_1$$

$$\eta = \frac{(57 - 40) * (8.5 - 64.6)}{100 - 57} + 64.6 = 48.7 \frac{mm^2}{s}$$

Obteniendo:

$$Re_{(1/2)''} = \frac{v_{(1/2)''} * D}{\eta} = \frac{1,395 \frac{m}{s} * 16.04 * 10^{-3}m}{48.7 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 459,01$$

$$Re_{(3/4)''} = \frac{v_{(3/4)''} * D}{\eta} = \frac{1,635 \frac{m}{s} * 20.7 * 10^{-3}m}{48.7 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 694,95$$

Ya que las tuberías se encuentran con el fluido en régimen laminar debido a que el número de Reynolds es menor que 2000, se utilizará la ecuación que se obtiene igualando la fórmula que proporciona el valor de la pérdida de carga continua para régimen laminar de Hagen-Poiseuille con la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$f = \frac{64 * \mu}{V * D} = \frac{64}{Re}$$

$$f_{(1/2)''} = \frac{64}{Re_{(1/2)''}} = \frac{64}{459,01} = 0,1394$$

$$f_{(3/4)''} = \frac{64}{Re_{(3/4)''}} = \frac{64}{694,95} = 0,0921$$

Ahora se procede a calcular las pérdidas por fricción:

$$h_f = f * \left(\frac{L v^2}{2 * g * D} \right)$$

Teniendo que:

$$h_{f(1/2)''} = 0,1394 * \frac{53m * \left(1,395 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{m}{s^2} * 16,04 * 10^{-3}m} = 45,6m$$

$$h_{f(3/4)''} = 0,0921 * \frac{58m * \left(1,635 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{m}{s^2} * 20,7 * 10^{-3}m} = 35,1m$$

Pasando a medida de presión:

$$\Delta P_{(1/2)''} = \rho g h_{f(1/2)''} = 887,5 \frac{Kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 45,6m = 397,011 kPa$$

$$\Delta P_{(3/4)''} = \rho g h_{f(3/4)''} = 887,5 \frac{Kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 35,1m = 305,6 Pka$$

3.4.1.2. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS

$$h_f = f * \frac{\Sigma L}{D} * \frac{v^2}{2 * g}$$

ΣL es la suma de todas las longitudes equivalentes de los accesorios en tuberías de igual diámetro

Este cálculo consiste en ver de las pérdidas dentro de la red de tuberías, ya que el sistema trabaja solamente con 3 cajas, en su condición más crítica, se

calcularán las pérdidas máximas que se tiene si se mueve la caja 2, 11 y 15: las cajas 11 y 15 son las cajas más alejadas de la central, tomando como referencia los 3 PML y teniendo en cuenta que los movimientos son por grupos.

Para esto se toma como referencia de (Vickers, 2008), donde se presenta el siguiente gráfico de equivalencias:

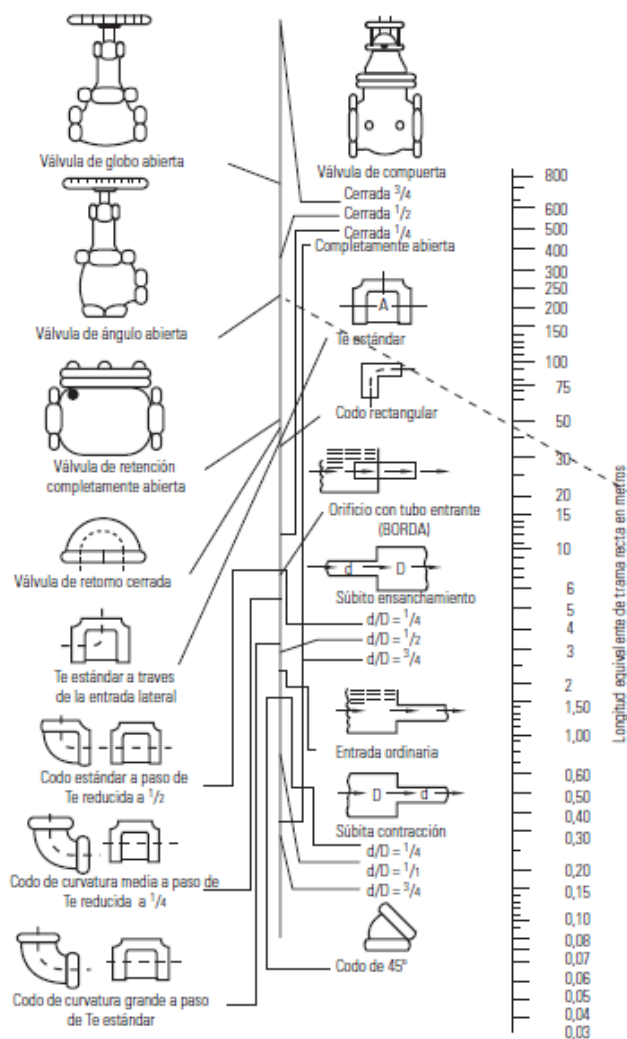


Figura 3.21.- Equivalencias de longitudes rectas de accesorios. (Vickers, 2008)

Las equivalencias en este gráfico consiste en ubicar los accesorios con los que se cuentan, seguir la línea hacia la escala ubicada en la izquierda de la imagen, trazar una línea recta hasta intersectar con la escala de la derecha, obteniendo así el valor del tramo recto equivalente en metros.

Tabla 3.28**Equivalencia en metros de accesorios en cajas 2, 11 y 15.**

		Accesorios	
		Codos	T's
Caja 2 a C.H		8	2
C.H. a Caja 11		6	3
Caja 11 a Caja 15		7	3
Total (m)		21	8
Equivale en metros	Tubería 1/2	3	3
	Tubería 3/4	2.5	2.5
Total (m)	Tubería 1/2	63	24
	Tubería 3/4	52.5	20
Total (m) Tubería ½		87	
Total (m) Tubería ¾		72.5	

(Vickers, 2008)

Teniendo así:

$$h_{f(1/2)} = 0,1394 * \frac{87}{0,01604 \text{ m}} * \frac{\left(1,395 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 53,75 \text{ m}$$

$$h_{f(3/4)} = 0,0921 * \frac{72,5}{0,02007 \text{ m}} * \frac{\left(1,635 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 45,33 \text{ m}$$

3.4.1.3. ACCIONES RECOMENDADAS PARA CORREGIR CONDICIONES DE OPERACIÓN INEFICIENTE

Para los motores eléctricos, se debe tener en cuenta varias fallas que se pueden prevenir o corregir con mayor agilidad, dentro de lo que es el sistema hidráulico de fuerza se presenta en la siguiente tabla, las fallas, sus diagnósticos y la acción correctiva que se emplea.

Tabla 3.29

Acciones recomendadas para corregir condiciones de operación ineficiente en motores eléctricos.

	Condición observada	Diagnóstico	Acción correctiva propuesta
1	Voltaje de alimentación por debajo del nominal	El voltaje en el punto de acometida está por debajo del nominal.	a) Corregir con los taps del transformador. (Los taps son los componentes físicos en forma de manija – cambiadores– de un transformador, que se utilizan para graduar la relación de transformación del voltaje y ajustar el voltaje de salida al motor para absorber las variaciones del suministrador). b) Solicitar al suministrador que corrija el problema.
		El voltaje en el punto de acometida es el nominal y no presenta variaciones significativas.	a) Corregir con los taps del transformador.
			b) Practicarle un diagnóstico y mantenimiento al transformador.
		2	Desbalance del voltaje de alimentación al motor
El voltaje en la acometida está balanceado y en el secundario del transformador está desequilibrado.	a) Practicar un diagnóstico y mantenimiento al transformador.		
El voltaje en los bornes del secundario del transformador está balanceado y en la alimentación al motor se encuentra desequilibrado.	a) Revisar la conexión de puesta a tierra del transformador y el motor, y en caso de que se detecten problemas, corregirlos. b) Revisar las conexiones del CCM, arrancador y motor, y en caso de que se detecten problemas, corregirlos.		
3	Desbalance en la corriente demandada por el motor	El desbalance en corriente es inversamente proporcional al desbalance en voltaje.	a) Corregir el desbalance en voltaje.
		El desbalance es producido por una demanda desequilibrada por las fases del motor.	a) Si el desbalance es menor al 5%, practicarle un mantenimiento al motor. b) Si el desbalance es mayor al 5%, sustituir el motor por un motor nuevo de alta eficiencia.
4	La velocidad de operación del motor está por debajo de la velocidad a plena carga	Problemas con rodamientos y/o cojinetes.	a) Lubricar y, en su caso, sustituir los elementos con problemas.
5	Alta temperatura y/o alta vibración en cojinetes y/o rodamientos		
6	El motor es de eficiencia estándar y tiene más de 10 años de operación	La eficiencia de operación del motor es baja.	a) Sustituir el motor actual por un motor nuevo de alta eficiencia, de una capacidad tal que opere cerca del 75% de su capacidad.
7	El motor ha sido reparado (rebobinado) más de dos veces	La eficiencia del motor se encuentra depreciada.	

. (Vickers, 2008)

De los puntos anteriores se analizó lo siguiente:

- 1) El voltaje entregado al motor es de 427 V, siendo su voltaje nominal de 440 V, por lo que no presentan voltajes menores al nominal, ni variaciones significativas.
- 2) No se nota ningún tipo de desbalance en el motor, lo que indica que la acometida está equilibrado, los voltajes a la salida del transformador están correctos, por lo que no se debe realizar ningún tipo de diagnóstico ni mantenimiento, teniendo en cuenta que es bueno revisar siempre las conexiones a tierra.
- 3) No se aprecia ningún desbalance en la corriente demandada por el motor, la corriente es estable y varía poco, lo que indica que el motor no debe ser cambiado, la medición del desbalance en la corriente del motor debe ser tomada periódicamente

El desequilibrio de voltaje se presenta cuando los voltajes de línea aplicados a un motor de inducción no son iguales, corrientes de secuencias negativas son introducidas en los devanados del motor. Estas corrientes producen en el entre hierro un flujo opuesto al rotatorio del motor. Esto reduce el par afectando la operación e incrementando la temperatura del motor.

Ciertas empresas especializadas en la fabricación de motores, recomiendan niveles de degradación basados en el porcentaje de desequilibrio de voltaje. No se debe operar con un motor cuando el desequilibrio de voltaje se encuentra sobre el 5%. Con un desequilibrio de voltaje, la potencia nominal debe ser multiplicado por el valor de la degradación, usar un motor con un desequilibrio causa altas temperaturas, internas y daños a las bobinas y al aislamiento.

Tabla 3. 30

Desequilibrio de voltaje en motores.

Líneas	V	Desequilibrio	Líneas
A - B	423	2,759 %	AB - BC
B - C	435	1,609 %	BC - CA
C - A	428	1,609 %	AB - CA

- 4) La velocidad de operación de los motores no cuentan con ningún control, salvo el encendido y el apagado, su funcionamiento actualmente no parece

presentar problemas, aunque no se lleva ningún registro acerca de su velocidad de operación.

- 5) No se registra alta temperatura y aunque a simple vista no se aprecia ninguna vibración no deseada, se debería realizar un estudio de vibraciones.
- 6) El motor del sistema fue reemplazado por mantenimiento en 2008, lo que lo deja con 3 años más para entrar en esta observación.
- 7) El motor nunca ha sido abierto por mantenimiento.

3.4.1.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizadas las mediciones, se obtuvieron resultados muy claros, se aprecia que todo el conjunto de cajas del desbaste (Cajas 1 – 5), poseen todas sin excepción una corrosión mucho mayor que el resto de cajas, se aprecia también que las tuberías de $\frac{3}{4}$ " que son las tuberías del retorno, poseen menor corrosión que las tuberías de $\frac{1}{2}$ " que son de envío, como en muchos los sistema hidráulicos se tiene una mayor pérdida de diámetro en los codos que en los tramos rectos. Finalmente, las cajas 11, 13 y 15 que son las cajas convertibles presentan una mayor pérdida que en las demás cajas excepto las de desbaste.

Puntualizando casos especiales, se tiene que los retornos no sufren de desgastes grandes excepto por la caja 10 y 12 que presentan corrosión un tanto elevada, se tiene que en la caja 13 el codo en el que se realizó la medición tiene solamente 1,9 mm de espesor, lo que representa un riesgo puesto que la tubería puede perforarse y esto perjudicará mucho a la producción. La caja 11 es la única caja que posee un desgaste mayor al nominal en todas las tuberías medidas, la caja 8 al contrario de la caja 11, se mantiene dentro de los rangos establecidos por la norma.

Las tuberías llevan trabajando en laminación poco más de un año. Según la planificación anual se deben realizar un cambio completo de tuberías en cada parada, pudiendo dar como recomendación el cambio de las tuberías de hierro

negro, por acero inoxidable de cédula 120 como mínimo, ya que las actuales tuberías reciben una corrosión demasiado riesgosa para soportar un año entero de producción.

CAPÍTULO IV

PROGRAMACIÓN Y DISEÑO ELECTRÓNICO

4.1 PROGRAMACIÓN ESCALERA

Los servicios auxiliares del tren Bascotecnia están controlados por el PLC Sisteam M en un orden de bloques de programación que está detallado en el capítulo 2.1.2. Se mantendrá el Orden de Organización de los bloques de programación actuales, sin embargo se realizarán cambios en cuanto al modo en que se programen dichos códigos y las variables que se utilicen.

El tipo de programación estará en lenguaje escalera o KOP (esquema de contactos) por ser interactivo en cuanto a la visualización y entendimiento de la lógica de programación, además de ser uno de los lenguajes más conocidos entre los programadores de PLC por su facilidad de comprensión.

Algunas pequeñas secciones de programación estarán en lenguaje AWL para la transformación de formatos de variables (Reales a S5TIME) que están empleándose para la programación a la entrada del tren.

4.1.1. LENGUAJE KOP

La representación de lenguaje KOP (esquema de contactos) es similar a la de los esquemas de circuitos eléctricos. Los elementos de un esquema de circuito eléctrico, tales como los contactos normalmente abiertos o cerrados, se agrupan en segmentos. Uno o varios segmentos constituyen el área de instrucciones de un bloque lógico. En la figura 25 se puede apreciar la programación en lenguaje KOP. (Maser, s.f.)

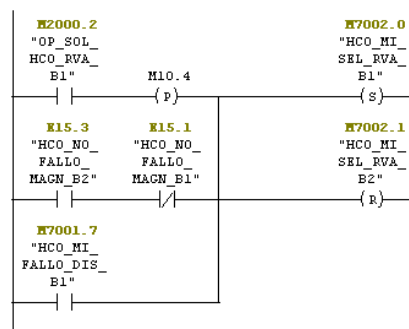


Figura 4. 1.- Lenguaje KOP.

4.1.2. LENGUAJE AWL

El AWL no es más que uno de los tres lenguajes básicos de Step 7. Es la madre de todos los lenguajes en Step7, todas las programaciones se traducirán en AWL y todo aquello que no se pueda programar en AWL simplemente no se puede programar, pero representa un trabajo más extenso programar de esta manera ya que resulta más complejo que los otros lenguajes.

Con AWL se pueden hacer auténticas filigranas ahorrando tamaño en el código. Digamos que es la forma de programar más compacta de todas.

Como características importantes esta que AWL es el lenguaje base del FUP y del KOP y todo es traducible a AWL pero no al revés. (Siemens, Programación Siemenes, 2014)

```

U      "OP_SOL_HCO_RVA_B1"      M2000.2
FP     M      10.4
O
U      "HCO_NO_FALLO_MAGN_B2"   E15.3
UN     "HCO_NO_FALLO_MAGN_B1"   E15.1
O      "HCO_MI_FALLO_DIS_B1"    M7001.7
S      "HCO_MI_SEL_RVA_B1"      M7002.0
R      "HCO_MI_SEL_RVA_B2"      M7002.1

```

Figura 4.2.- Lenguaje AWL.

4.2. DECLARACIÓN DE VARIABLES

Hay que tomar en consideración aspectos muy importantes en cuanto al uso de las variables y memorias que se les asigne para poder trabajar con ellas de manera rápida. Un aspecto importante, es la de poder ser variables reasignables a espacios de memoria mediante la herramienta “Recablear”. La ventaja de usar variables tipo M (memoria interna pre-asignada), A (salidas análogas o digitales) y E (entradas análogas o digitales), es la de poder ser cambiadas entre ellas, haciendo a las entradas o salidas también memorias. Esto nos permitirá poder programar en el PLC y simular las entradas y salidas sin necesidad de contar con los módulos, y realizar las simulaciones necesarias. Al momento de implementar el proyecto se reasignan las memorias a las direcciones de entrada y salida correspondiente mediante el uso de recablear.

4.2.1. SIMBOLOGÍA.

La simbología de los nombres de las variables se las ha asignado de modo que estas puedan ser identificadas en los aspectos como donde se usan, órdenes del usuario, zona en la que se usa y su función. En la siguiente tabla se muestra los detalles de las mismas.

Tabla 4.1

Simbología de variables.

Símbolo	Significado	Detalle
OP	OPERATODOR HMI	Señales que se mostrarán en el HMI
MI	MARCA INTERNA	Espacios de Memoria de mayor uso en la programación
CONF	CONFIRMACIÓN	Confirmación de cumplimiento de ordenes
SOL	SOLICITUD	Solicitudes de operadores al programa
HCO	HIDRAULICO	Sistema Hidráulico
DIS	DISCORDANCIA	Problema entre la orden y la confirmación de marchas
COND	CONDICIONES	Condiciones permanentes o iniciales
INI	INICIALES	Condiciones Iniciales
PERM	PERMANENTES	Condiciones Permanentes
RVA	RESERVA	Colocar en reserva un actuador
MOV	MOVIMIENTO	Movimiento de cajas
JOG	MOVIMIENTO LENTO	Movimiento lento de motores
ACA	ACABADOR	Zona del acabador
INT	INTERMEDIO	Zona del Intermedio
DES	DESBASTE	Zona de Desbaste
EXP	EXPULSOR	Expulsor de Palanquillas
PR	Pinch Roll	Rodillos para sujetar la palanquilla
ARRAS	Arrastrador	Rodillos arrastradores de palanquilla
LUBRI	Lubricación	Variables ara programar las centrales de lubricación
LUB1	Central Lubricadora 1	Central de lubricación cajas 1-7
LUB2	Central Lubricadora 2	Central de Lubricación cajas 8-15
C#	Caja número	Ubicación del control o señal en las cajas

4.2.2. ESPACIOS DE MEMORIA.

Los espacios de memoria permiten identificar la función de la variable, es decir. Los espacios de memoria se dividen en memorias para programar funciones, memorias para enviar al HMI, memorias para las alarmas, Memorias para condiciones permanentes, memorias para cálculos matemáticos, memorias para intercambio de datos con los PLC de la red DANIELI, marcas internas para programar, memorias de tiempo, y auxiliares de programación. Se detalla la información en la tabla.

Tabla 4. 2**Espacio de Memoria para Variables.**

Memorias	Detalle
Bytes 40-199	Auxiliares de programación
Bytes 200-299	Para condiciones Permanentes e Iniciales
Bytes 300-399	Cálculos numéricos
Bytes 400-499	Variables para HMI
Bytes 500-599	Cálculos numéricos Reales
Bytes 600-699	Alarmas a HMI
Bytes 700-799	Señales a Danieli
Bytes 800-899	Variables Marcas Internas Programación en general
Bytes 900-999	Variables de tiempo
Bytes 1000-1299	Salidas Demultiplexadas y tiempos variables
Bytes 1300-1349	Salidas Digitales
Bytes 1350-1399	Entradas Digitales y Análogas

4.3. DIAGRAMAS DE FLUJO DEL CONTROL.

La programación está estructurada de tal manera que genera en orden las señales para el funcionamiento de bloques de programaciones posteriores. Los sistemas que deben inicializarse con anterioridad son los de las centrales de lubricación, central del hidráulico y central de aire aceite, ya que estos son indispensables para el funcionamiento de los movimientos de las cajas, además de generar condiciones de listos para laminación, permisos de movimientos hidráulicos y permisos de movimientos JOG.

Previamente a los códigos de control de los sistemas auxiliares, se elaboran bloques de programación que permiten la inicialización de parámetros y condiciones para su uso en el resto de la programación, como señales de reloj, pulsos y trenes de pulsos. Además aquí se elaboran todas las entradas, salidas o marcas internas que deban inicializarse en cero y mantenerse así a lo largo del ciclo del programa.

A continuación se presenta el diagrama de flujo del bloque de programación donde se encuentran organizados la forma de ejecución de las funciones del tren de laminación.

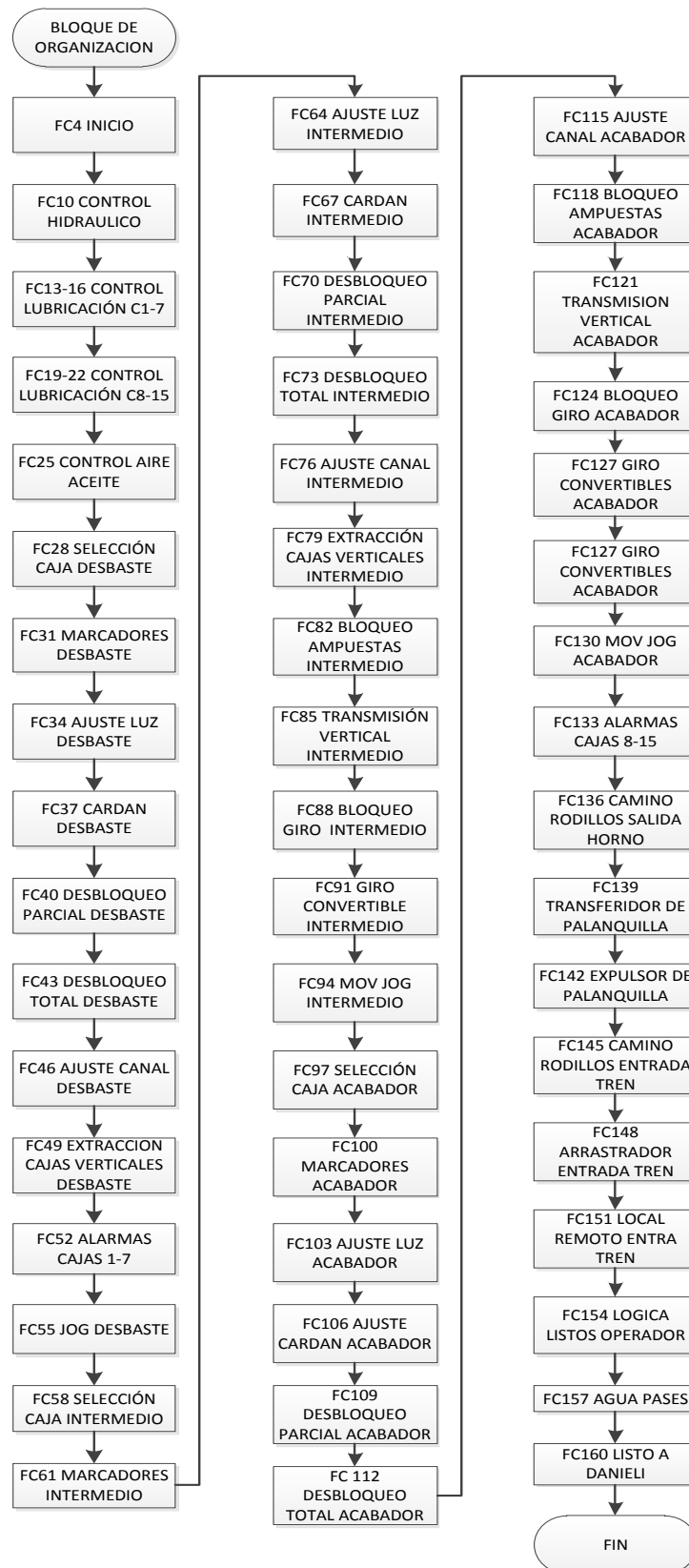


Figura 4. 3.- Flujograma Bloque Organizacional.

Todo el código de programación está conformado por 51 bloques de programación, cuya descripción se la detallará de acuerdo al orden del diagrama del bloque de programación.

4.3.1. SUBROUTINA CONDICIONES INICIALES.

La subrutina genera una revisión de todos los parámetros y condiciones que debe existir en un equipo para su arranque, su programación cuenta con una comparación de un byte con el valor 0xFF, que envía una marca que permite realizar la acción correspondiente al uso de esa subrutina.

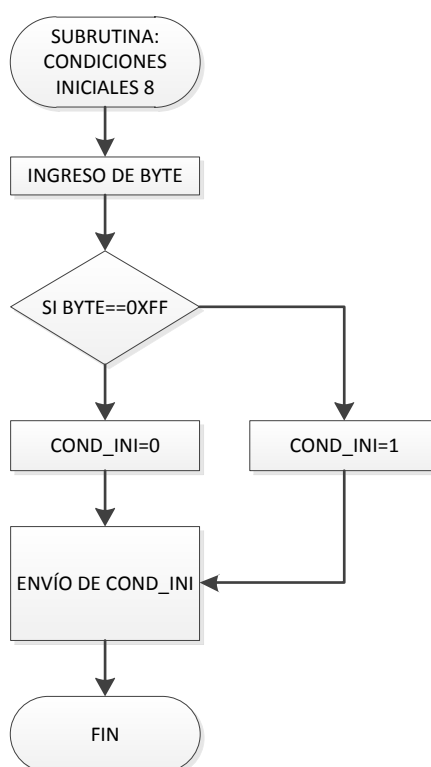


Figura 4.4.- Condiciones Iniciales de 8 bits.

4.3.2 SUBROUTINA CONDICIONES PERMANENTES.

Las condiciones permanentes permiten realizar un bit que permite mantener en funcionamiento el equipo, su diferencia con condiciones iniciales, es la de que almacena el estado de los bits de entrada justo en el momento en que se pierde la condición permanente, además las condiciones iniciales sirven para arrancar el sistema y las condiciones permanentes sirven para generar un bit que permita seguir al equipo funcionando después de ser este arrancado.

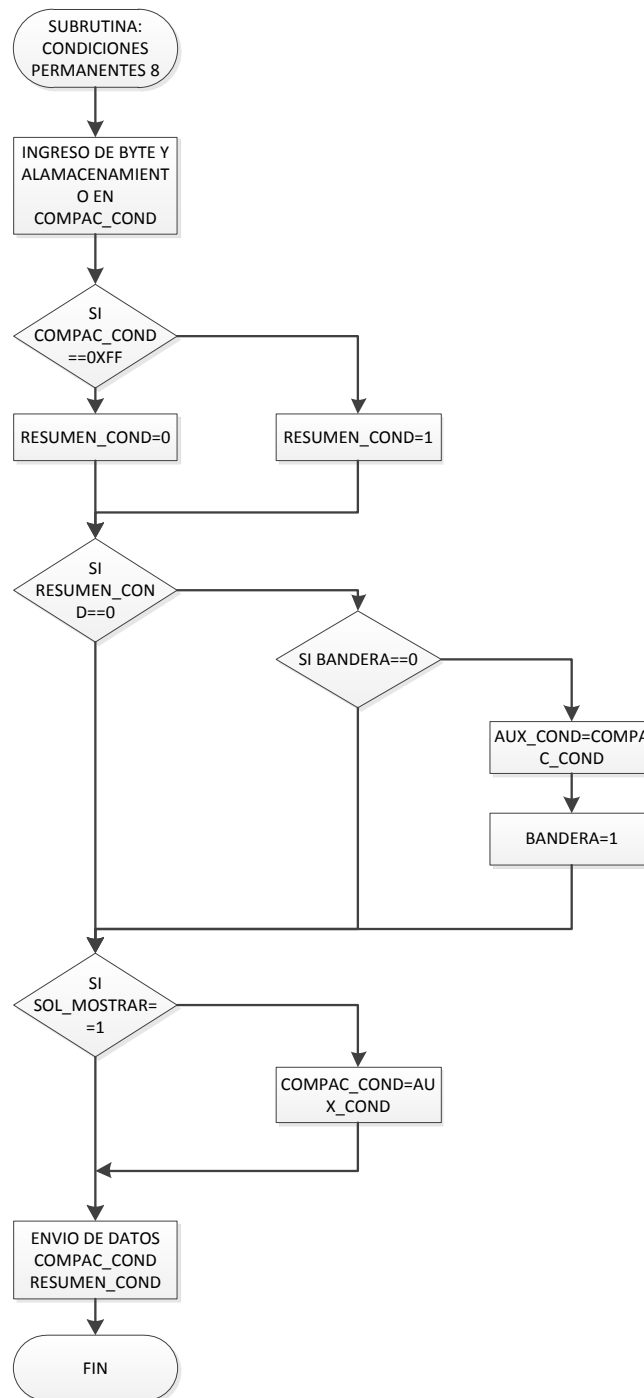


Figura 4.5.- Condiciones Permanentes de 8 bits.

Las condiciones permanentes 16, cumplen con el mismo funcionamiento que las condiciones permanentes 8, solo que no realiza el control con 8 bits sino que ahora lo hace con 16 bits.

El motivo de utilizar estas dos opciones de condiciones permanentes es mejorar el uso del espacio de memoria del programa.

4.3.3 BLOQUE DE PROGRAMACIÓN INICIO.

Inicializa todo bit que se requiera siempre activado o siempre desactivado, permite realizar un seguimiento más ordenado de modificaciones posteriores del código que permita enviar señales forzadas, de modo que si se requiere dejar de forzar la señal, se deberá eliminar del bloque de programación Inicio.

Esta sección de programación también se utiliza para elaborar trenes de pulsos o pulsos periódicos de frecuencias diversas que se usan en muchas secciones de los bloques de programación, como contadores de funcionamiento o salidas digitales a señales luminosas intermitentes. Las frecuencias de los trenes de pulsos y pulsos son de quinientos milisegundos, un segundo y un minuto.

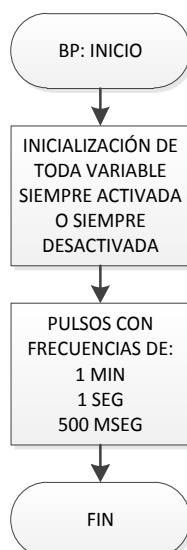


Figura 4. 6.- Flujograma BP Inicio.

4.3.4. BLOQUE DE PROGRAMACION CONTROL DEL HIDRAULICO.

El código de programación de la central hidráulica inicialmente realiza una verificación del nivel del aceite, si el nivel es menor a 17 cm genera una pre-alarma de nivel bajo de aceite. En el caso de que la pre-alarma se mantenga encendida por un periodo de tiempo prolongado, genera un bit que manda a apagar el sistema directamente. Existen también alarmas de presión en el filtro y temperatura del hidráulico, que al exceder o presentar niveles menores a los parámetros normales, genera alarmas que apagan las bombas después de un tiempo no mayor a 10 segundos de haberse generado la señal de alarma. Este

tiempo permite al operario y personal de mantenimiento saber del problema antes de la puesta en paro de las bombas.

Posteriormente se generan señales que permiten visualizar en el HMI como también en los PML el estado del equipo, como cual bomba está encendida y si existe algún problema con los equipos de calefacción y filtrado. El código de programación también genera la lógica para colocar al sistema en control desde el PML o desde el HMI mediante la lógica “Local Remoto”.

Para el encendido de las bombas se requiere primeramente tener seleccionada cuál de ellas estará en reserva y cual entrará a trabajar, luego verifica las condiciones iniciales y permanentes para poder encender la bomba, si la bomba no recibe la señal de confirmación de que se ha puesto en marcha, genera alarmas que indican en los PML y en el HMI que el sistema tiene una discordancia y da de baja a la orden de encendido de la bomba. Para apagar la bomba verifica la lógica del estado delos por los cuales está siendo controlado (PML o HMI).

Cuando el sistema presente la confirmación de que la bomba se ha encendido, empezará a contabilizar el tiempo de funcionamiento, llevando un registro que se visualizará en el HMI donde también se podrán reiniciar estos contadores.

El funcionamiento de las dos bombas es el mismo por lo que la lógica de programación se repite para la bomba 2. Por último se asignan los valores que se desean enviar al HMI a los espacios de memoria correspondiente según las tablas 4 y 5.

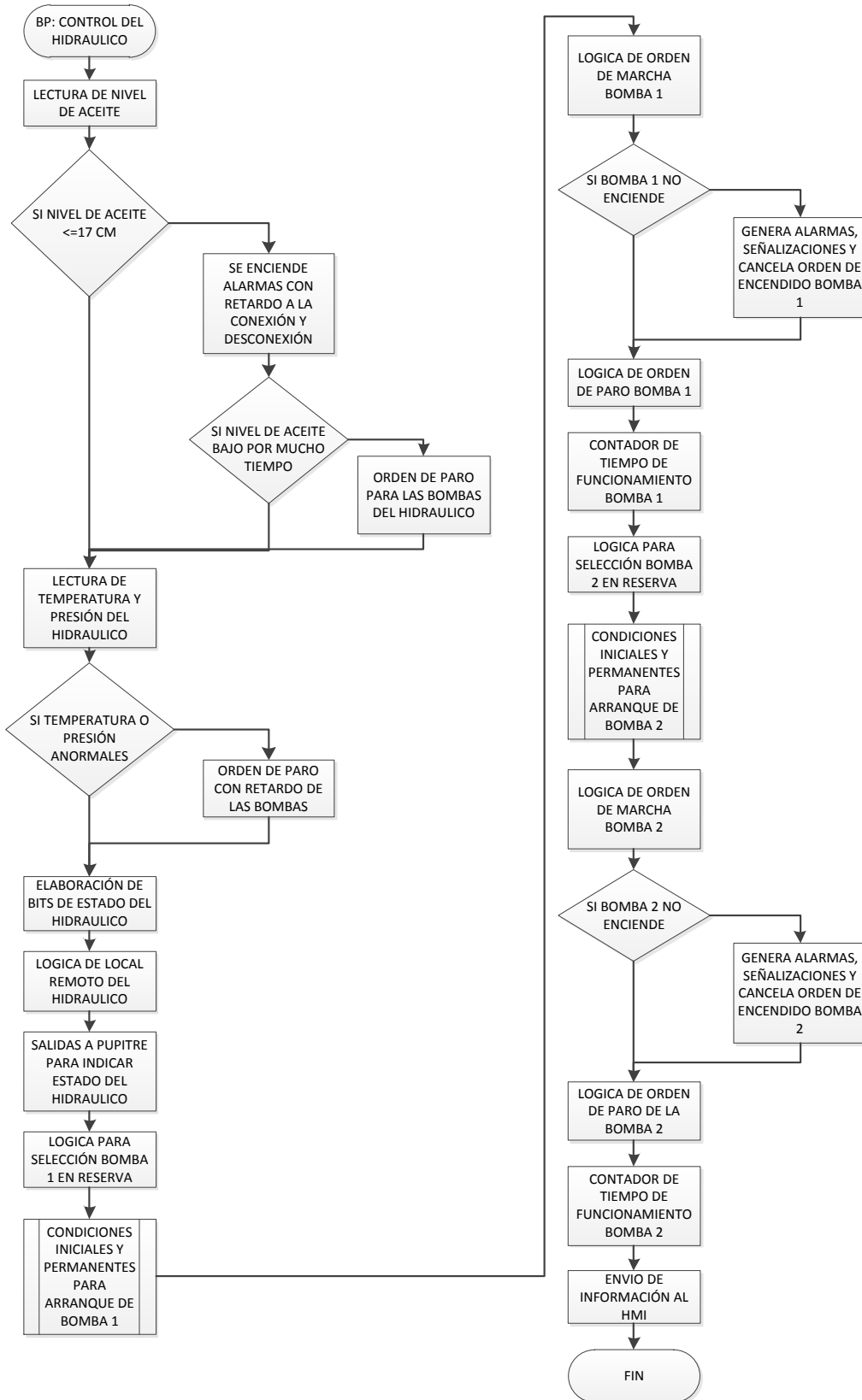


Figura 4.7.- Flujoograma BP Control del Hidráulico.

4.3.5. BLOQUES DE PROGRAMACIÓN CENTRAL DE LUBRICACIÓN.

El código de control de las centrales de lubricación están divididos en dos bloques, el primer bloque se encuentra la programación que se indica en el Flujograma de control de lubricación hasta la sección del código de la bomba 1. El segundo bloque contiene la programación de las otras dos bombas más la alarma por nivel de aceite en el reservorio.

El código de control comienza haciendo una inspección general de las condiciones en las que se encuentra el sistema de lubricación, en estas están la contabilización de cuantas bombas están trabajando, cuales bombas se han parado por fallas, confirmación de arranque de las bombas, selección de local remoto y alarmas generales. Luego se desarrolla el control del arranque en secuencia de las bombas, que enciende cada dos de ellas una tras otra, para evitar sobrecargar la corriente por encender las dos bombas a la vez además de evitar golpes de ariete en el sistema de tuberías.

A continuación entra el código de programación de cada bomba individualmente, donde se hace el monitoreo de condiciones iniciales para arrancar, condiciones permanentes para seguir operando, control de arranque, vigilancia de fallo independiente, orden de marcha y paro de la bomba, alarmas independientes de la bomba. Al final manda un resumen de bits al HMI para monitorear el estado de la bomba 1 junto con las alarmas. Este código de programación individual se repite en las tres bombas, dejando al final del código, un control del nivel de aceite de la central de lubricación.

En la figura 4.11 que se muestra a continuación, se puede observar el orden del control. Cabe destacar que existen dos centrales de lubricación idénticas, por lo que la central de lubricación 1-7 tiene la misma lógica de control que la central de lubricación 8-15.

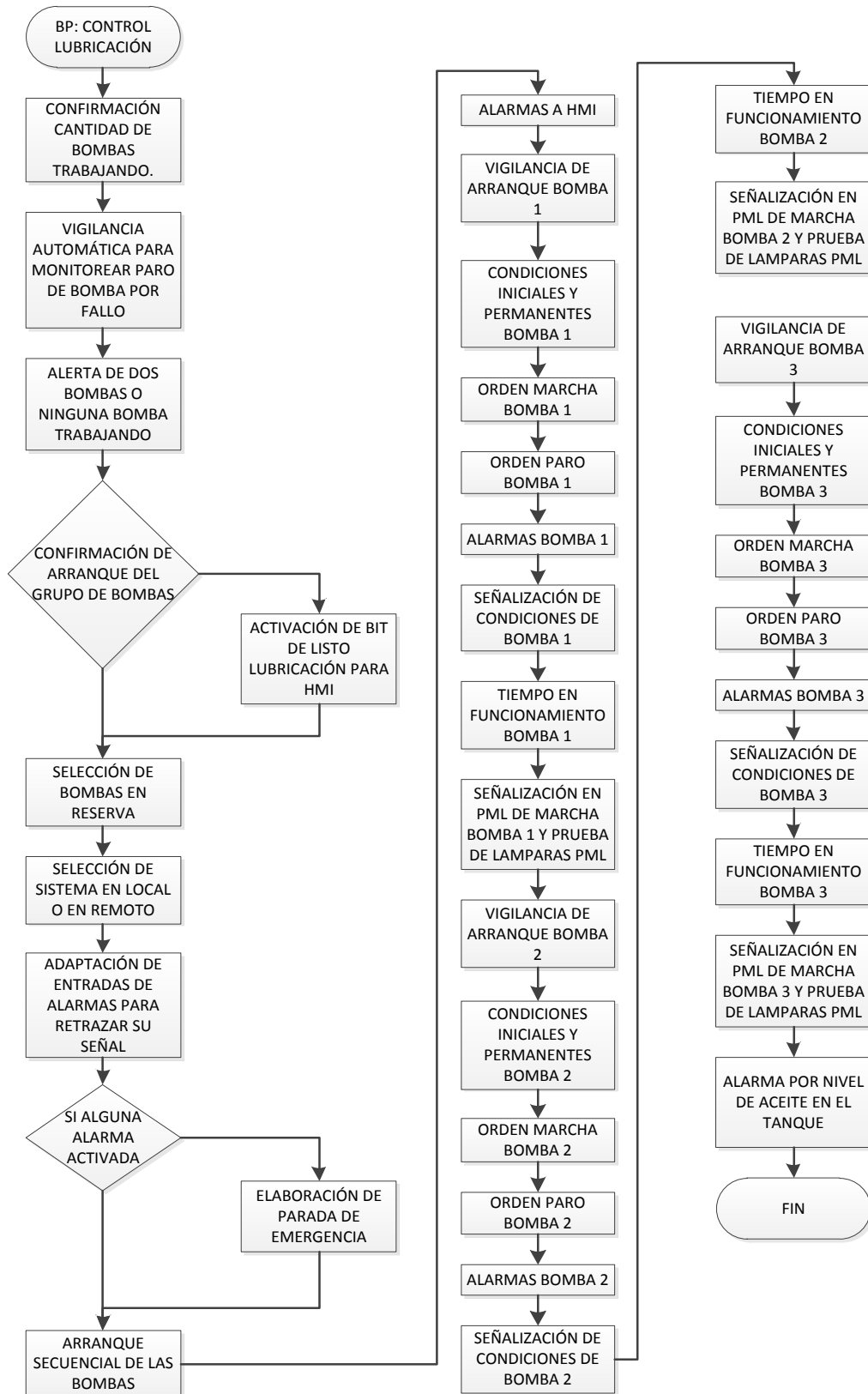


Figura 4. 8.- Flujograma BP Control Lubricación.

4.3.6. BLOQUE DE PROGRAMACION CENTRAL AIRE ACEITE.

Como se ha mencionado previamente, el sistema aire aceite está controlado por un PLC de marca Muler, que controla el sistema aire aceite, sin embargo, las órdenes para encendido y apagado del sistema, junto con las condiciones de trabajo y estado del mismo se encuentran en el código de programación del PLC Siemens para centralizar la información de todos los servicios auxiliares.

El código de programación verifica que las ordenes enviadas se hayan cumplido mediante el bloque de discordancia, si esta presenta algún tipo de problema, activa bits de fallo del sistema parando el sistema e informando al operador por medio del HMI el problema. Desde el HMI se puede enviar la orden de marcha y de paro del sistema aire aceite. La figura a continuación muestra la estructura y flujo del programa de control aire aceite.

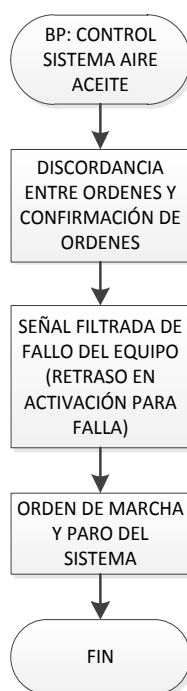


Figura 4.9.- Flujograma BP Control Aire Aceite.

4.3.7. BLOQUE DE ELABORACIÓN DE MARCADORES.

Este bloque de programación contiene información resumida de las cajas, como estado de los cardanes, bloqueo parcial o total de las zonas desbaste, intermedio o acabador, estado de los cilindros de extracción de cajas verticales, fallo de algún componente de las cajas, señalizaciones y posiciones. En la figura a

continuación se detalla la información y los aspectos tonados en consideración. El bloque de marcadores cumple la misma lógica para las zonas desbaste, intermedio y acabador.

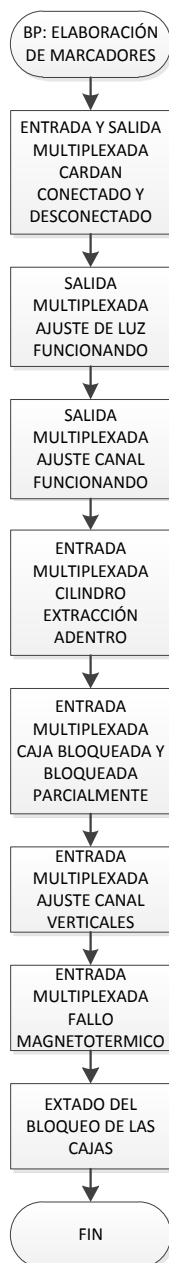


Figura 4.10.- Flujograma BP Marcadores.

4.3.8. BLOQUE DE PROGRAMACION AJUSTE DE LUZ.

El código de control para el bloque de programación de ajuste de luz es el mismo para las tres zonas del tren. Para poder realizar los movimientos de ajuste de luz debe generarse las condiciones permanentes. Estas condiciones

permanentes verifican el estado de los equipos para ejecutar el movimiento. Para ajustar la luz, deben desbloquearse las ampuestas que evitan el movimiento vertical de los rodillos, luego el programa reconoce que caja está seleccionada en el PML para mover únicamente esa luz. Por ultimo de generan las ordenes desde el PML para ajustar la luz donde se pulsa el botón de abrir o cerrar luz que dura 5 segundos por pulso, haciendo pequeños movimientos en los motores hidráulicos y ser más precisos el ajustar la luz.

En la figura 4.14 se indica la distribución y flujo del programa para el código de programación Ajuste de Luz zonas desbaste, intermedio o acabador.

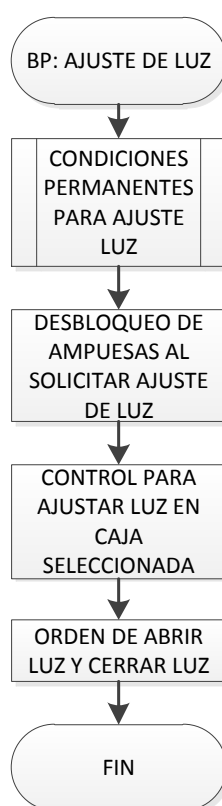


Figura 4.11.- Flujograma BP Ajuste de Luz.

4.3.9. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN CONEXIÓN CAJA CARDAN.

El control de la conexión revisa el estado del cilindro y la discordancia de las órdenes y la confirmación de ejecución de la orden. De ahí revisa los sensores para determinar que el cilindro ha llegado a la posición y los detiene. Se revisan las condiciones permanentes para poder mover el cilindro y se puede ingresar la orden de mover el cilindro. Luego de recibir la orden de mover el cilindro, manda

la orden de parar transcurrido los 5 segundos como precaución en caso de que los sensores fallen y siempre se mande presión a las líneas causando pérdidas de aceite.

Como último hace un análisis para determinar que caja fue seleccionada y ejecuta los movimientos en dicha caja. Manda las señales de alarmas y estados al HMI y las condiciones en las que se encuentra al PML.

La siguiente figura muestra el diagrama de flujo de dicho control.

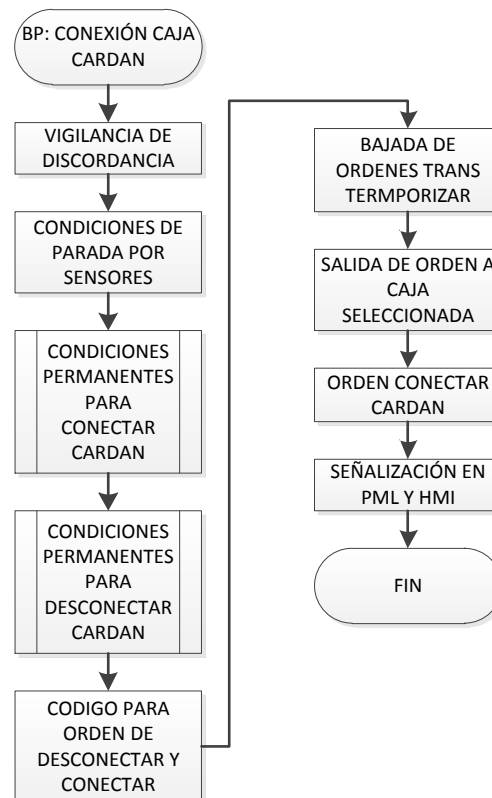


Figura 4.12.- Flujograma BP Conexión Caja Cardan.

4.3.10. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN DESBLOQUEO PARCIAL CAJA.

Se verifica el estado de las condiciones que debe permanecer en el sistema para mover el canal de las cajas, al cumplir las condiciones se puede dar la orden de desbloqueo parcial desde PML al oprimir los botones de ajustar canal.

Luego, se baja la orden de desbloqueo parcial cuando se solicita bloquear la caja desde el PML. A continuación se muestra el Flujograma de control del bloque de programación.

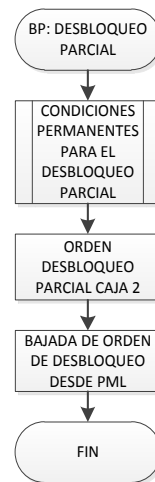


Figura 4.13.- Flujoograma BP Desbloqueo Parcial.

4.3.11. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN DESBLOQUEO TOTAL.

Se revisan las condiciones para poder realizar el bloqueo total de las cajas como sistema hidráulico listo, permiso laminación desactivado entre otras. Luego se recibe la orden de desbloqueo o bloqueo de las cajas desde el PML para después de un tiempo de ejecución, sean dadas de baja. Este tiempo de ejecución es calibrado según el tiempo en que demore el cilindro en realizar su recorrido. Se verifica la caja seleccionada, se manda la orden a dicha caja y se mandan señalizaciones al PML del estado del actuador.

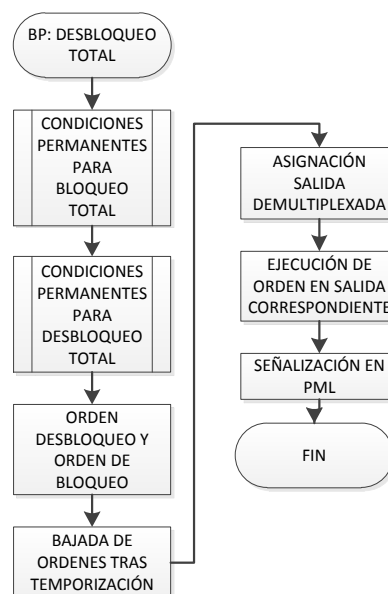


Figura 4.14.- Flujoograma BP Desbloqueo Total.

4.3.12. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN AJUSTE CANAL.

Bajar extraer hace referencia al mismo movimiento pero para cajas horizontales y cajas verticales, bajar y subir hace referencia al movimiento de los rodillos en las cajas verticales y extraer introducir al movimiento de las cajas horizontales.

Verifica las condiciones permanentes para ejecutar los movimientos, las cuales son el funcionamiento de la central hidráulica junto con una condición que indique que no está laminando entre otras. Luego de esto, pasa a la orden que se envía desde el PML junto con el direccionamiento del movimiento a la caja seleccionada. Se manda a activar la electroválvula en la ejecución de la orden

Los indicadores permiten mostrar al operador las condiciones en que se encuentra el cilindro o rodillo laminador en cuanto a su posición, por ejemplo si el rodillo ya gastó todos sus pases para laminar y se encuentra al extremo final del último canal, se envía a activar una señal luminosa en el PML que indique que se debe realizar un cambio de rodillo.

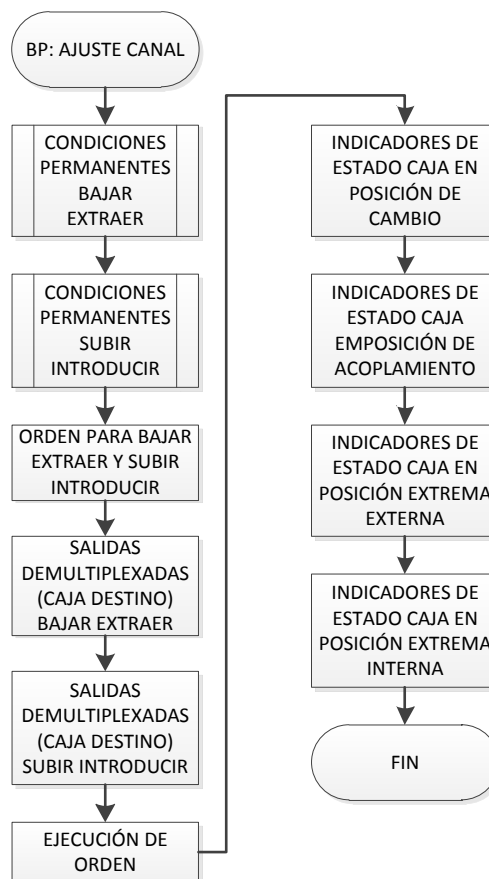


Figura 4.15.- Flujograma BP Ajuste Canal.

4.3.13. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN EXTRACCIÓN CAJA VERTICAL.

Se verifican las condiciones permanentes para los movimientos de introducir o extraer la caja de los verticales. Luego de verificar estas condiciones se da la orden de extraer o de introducir y esta orden se la direcciona a la caja que se haya seleccionado en el PML. Por último se manda señales visuales al PML para verificar las posiciones en las que se encuentra el cilindro para extracción de las cajas verticales.

A continuación se muestra la figura del flujo de programación para dicho bloque de control.

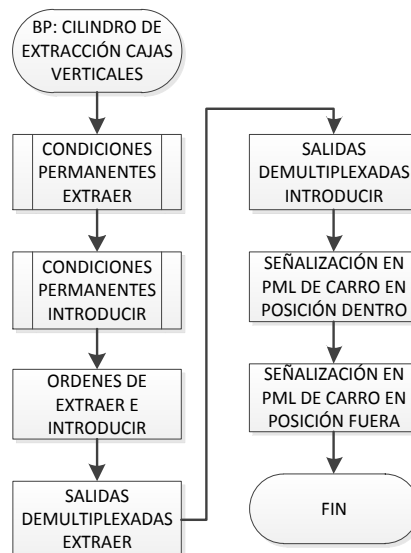


Figura 4.16.- Flujograma BP Cilindro extracción cajas Verticales.

4.3.14. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN MOVIMIENTOS JOG.

Los movimientos JOG mueven los motores de los rodillos lentamente para calibrar el paso de la varilla. Este control de los motores se encuentra dentro de los PLC Siemens que la compañía DANIELI automatiza tiempo atrás, por lo que solo se debe enviar la orden a DANIELI de mover despacio adelante o atrás los motores.

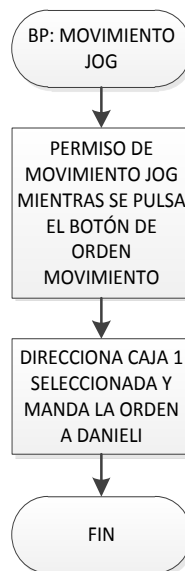


Figura 4.17.- Flujograma BP Movimientos JOG.

4.3.15. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN TRANSMISIÓN CONVERTIBLES.

Las cajas convertibles se encuentran únicamente en la zona del intermedio y en la zona del acabador. Al girar la caja se debe retirar el eje que transmite el movimiento para luego acoplarse cuando se haya terminado de cambiar la posición. La caja de transmisión tiene dos accesos para conectar el eje, uno cuando está en posición vertical y otro cuando está en posición horizontal.

El código revisa las condiciones para extraer y para introducir el eje de transmisión, luego genera la orden que recibe desde los PML y los direcciona a la caja que este seleccionada. Por último, envía señales para activar actuadores luminosos como indicadores del estado de la transmisión en las convertibles.

A continuación se muestra el Flujograma del control para la transmisión de las cajas convertibles.

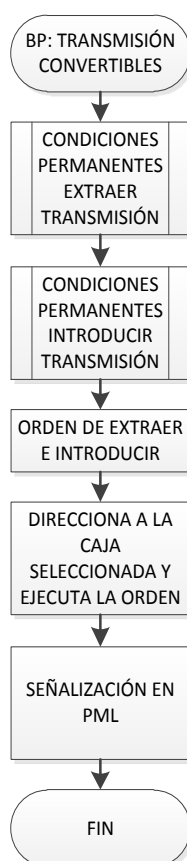


Figura 4.18.- Flujograma BP Transmisión Convertibles.

4.3.15. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN BLOQUEO DESBLOQUEO GIRO.

El código revisa las condiciones que deben cumplirse para poder realizar el desbloqueo o bloqueo del giro de las cajas, genera las órdenes de las mismas y luego de un determinado tiempo (actualmente 3 segundos) quita las ordenes ya que no cuenta con un sensor para determinar el final de carrera de los cilindros. Por último direcciona la orden a la caja seleccionada y envía al PML las visualizaciones luminosas del estado de los cilindros que bloquean el giro.

En la figura a continuación se muestra el flujo de programa para el bloqueo de programación del bloqueo desbloqueo del giro de las cajas convertibles.

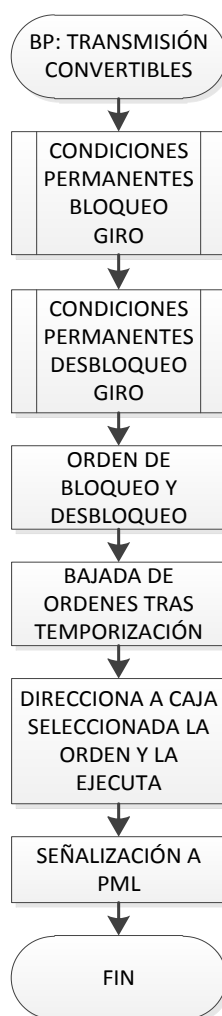


Figura 4.19.- Flujograma BP Bloqueo Desbloqueo Giro Convertibles.

4.3.16. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN CR SALIDA DEL HORNO.

Las condiciones permanentes es que no exista fallo en los magneto térmico de los motores del camino de rodillos a la salida del tren, revisado este parámetro,

puede ejecutarse las marchas adelante o atrás de CR. El paro automático del CR se produce cuando no encuentra ninguna palanquilla a lo largo del camino de rodillos. EL paro también puede ser manual desde órdenes del HMI como también desde el PML.

Como en todo bloqueo de programación se activan señales de salida para encender indicadores luminosos que expongan el estado del camino de rodillos al operario desde el PML como también en el HMI.

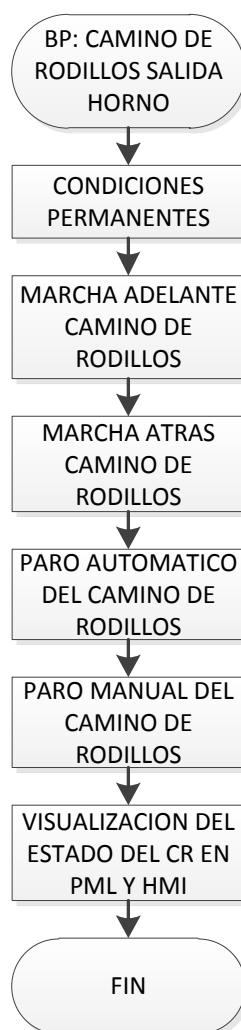


Figura 4.20.- Flujograma BP Camino de Rodillos Salida Tren.

4.3.17. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN TRANSFERIDOR DE PALANQUILLAS.

En las condiciones permanentes se revisa el estado de los magnetotérmicos de los motores del transferidor para poder dar paso al permiso de y orden de avance o

retroceso y paro del mismo. Cuando se recibe una señal de retroceso de los ganchos que arrastran la palanquilla, se entiende que el sistema está pronto a estar listo para transferir otra palanquilla, por lo que automáticamente se abre la puerta del horno.

Por último se envían las señales de estado del transferidor a los focos del PML y al HMI. A continuación se muestra el diagrama de flujo de control para dicho proceso.

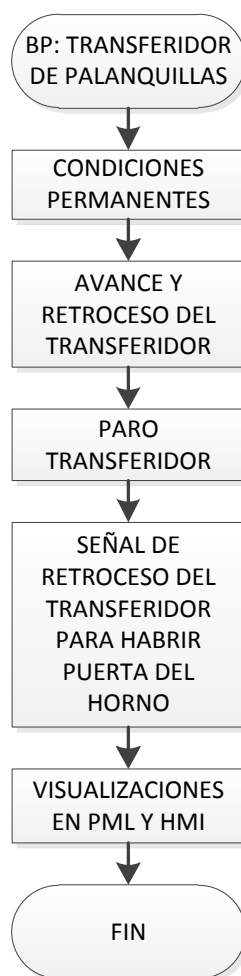


Figura 4.21.- Flujograma BP Transferidor de Palanquillas.

4.3.18. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN EXPULSOR DE PALANQUILLA.

La condición permanente para el movimiento de expulsar palanquilla es que el sistema hidráulico se encuentre operando, luego con esta verificación, se puede realizar el movimiento de expulsar la barra mediante cilindros y retomar la posición inicial como último se envían señales de estado del expulsor al HMI.

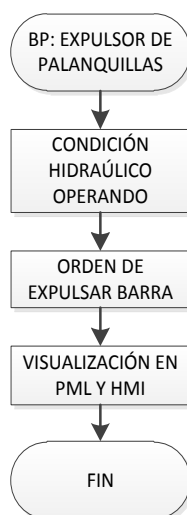


Figura 4.22.- Flujograma BP Expulsor Palanquilla.

4.3.19. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN CR ENTRADA TREN.

El control revisa como condición permanente el estado de los magnetotérmicos, para luego realizar la activación de n bit que permita poner el sistema en automático. En el sistema automático consiste en abrir la puerta del horno, transferir la palanquilla cuando esta no esta se coloque a lo largo del camino de rodillos a la salida del horno, activar el camino de rodillos de la entrada al tren y poner a funcionar el pich roll (PR) para sujetar la palanquilla y jalarla hasta la caja 1.

Para activar el automático revisa condiciones que deben permanecer para que este modo siga operando, luego hace un control sencillo para enviar ordenes de adelante, atrás y paro del transferidor dependiendo de los fotocélulas a los extremos del transferidor. Luego realiza un cálculo para realizar la separación entre punta y cola de la palanquilla, es decir, la separación entre la barra que se está laminando y la barra que está por entrar.

Existe la posibilidad de enviar la orden desde PML para separar o disminuir esta distancia entre punta y cola, manteniendo límites de seguridad para no pegar la cola y la punta de las palanquillas ni tampoco tener mucho tiempo de espera hasta enviar la siguiente palanquilla. Luego se realizan cálculos de los tiempos en que se demora en salir la palanquilla del proceso de laminación para que el

camino de rodillos se active y haga que ingrese automáticamente la siguiente palanquilla.

A continuación, la figura muestra el diagrama general de flujo del control automático manual para el camino de rodillos y automático entrada tren.

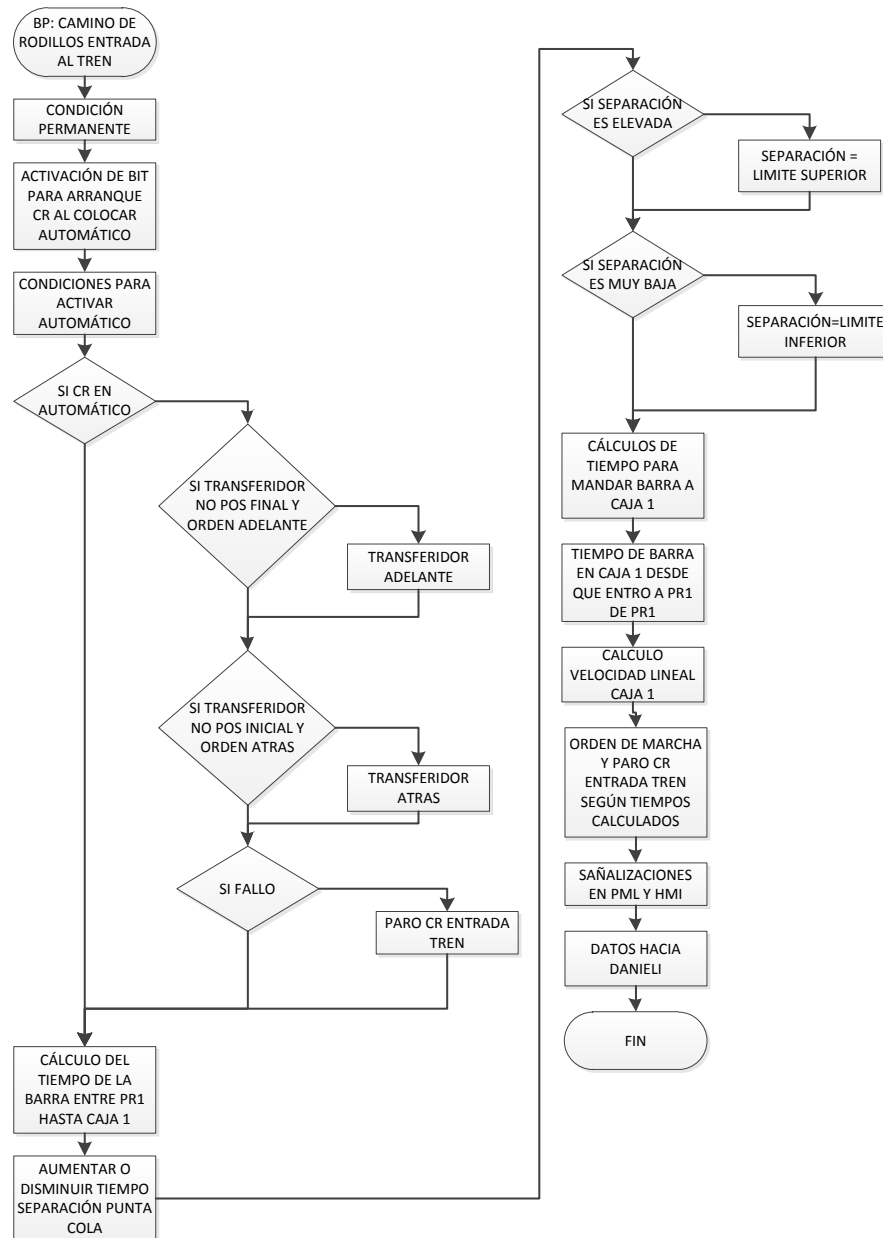


Figura 4.23.- Flujograma BP Camino de Rodillos Entrada Tren.

4.3.20. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN ARRASTRADOR ENTRADA TREN.

Las condiciones permanentes para el arrastrador es contar con el hidráulico funcionando, magnetotérmicos sin falla y presión en el sistema de lubricación. Una vez hecho esto se genera el código para cerrar el arrastrador que sujeta a la palanquilla o abre el arrastrador. Así mismo el control permite el movimiento para adelante, para atrás y paro del arrastrador y genera señales que se envían al PML y al HMI para indicar el estado del mismo.

A continuación se indica en la figura el flujo del control para el arrastrador PR1 a la entrada del tren.

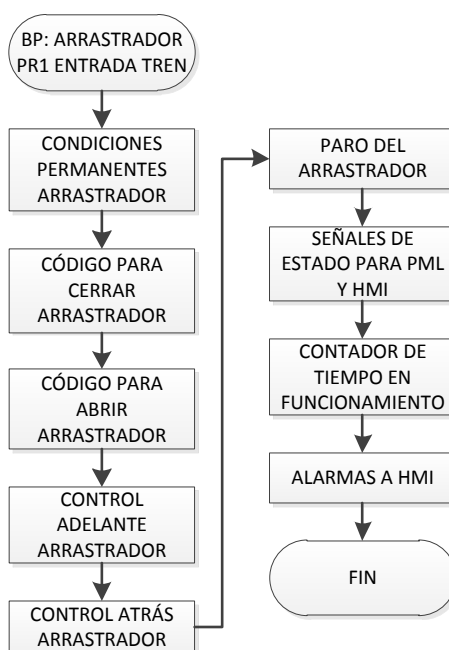


Figura 4.24.- Flujograma BP Expulsor Palanquilla.

4.3.21. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN LOCAL REMOTO ENTRADA EL TREN.

Local remoto permite poner a disposición los movimientos de todo el sistema desde la salida del horno hasta la entrada del tren. El código recibe órdenes desde el HMI o el PML junto con sus permisos respectivos para poder realizar los movimientos desde la zona seleccionada. El sistema desde este bloque de programación puede controlar el sistema de manera manual o colocarla en modo automático.

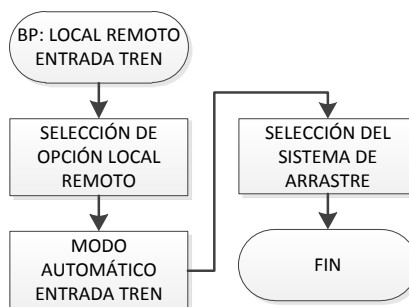


Figura 4.25.- Flujograma BP Local Remoto entrada al tren.

4.3.22. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN AGUA PASES.

Mediante órdenes que se envían desde los PML, se mandan a activar las válvulas que envían agua a los elementos mecánicos en el sistema. La programación de este bloque es sencilla pues solo se limita a mandar la orden de activación de las electroválvulas junto con unas pequeñas condiciones. A continuación en la figura se indica el flujo de control.

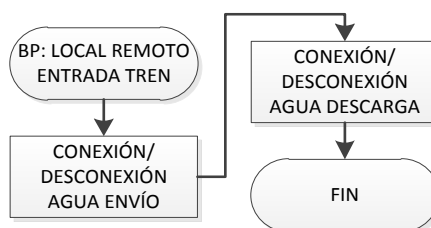


Figura 4.26.- Flujograma BP Local Remoto entrada al tren.

4.3.23. BLOQUE DE PROGRAMACIÓN LISTO OPERATOR Y LISTOS A DANIELI.

Son dos bloques de programación que se encuentran divididas en las señales de condiciones de Listos Equipos. Estas condiciones resumen el estado de los distintos sistemas para enviarlos al HMI y que se pueda mostrar en una pantalla independiente y dedicada a las condiciones de Listo. Así mismo, las señales que indican que los sistemas están trabajando y listos para laminar se los debe enviar a los PLC de DANIELI para poder realizar los movimientos de los motores y demás código de control de las cajas 16 en adelante. Estas señales que se le envían a DANIELI, unificar los dos sistemas entre el PLC Siemens y el PLC System M de Bascotecnia, mejorando el proceso de control y monitoreo del mismo. Ya que

aquí únicamente se resumen señales en condiciones de AND, no es necesario indicar como se encuentra el flujo de programa. EN anexos se encontraran los códigos de programación donde se puede observar a detalle cada uno de los bloques de programación.

CAPITULO V

DISEÑO DEL HARDWARE

5.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo se desarrolla el diseño del hardware necesario para que el reemplazo del PLC System M. Se toma en cuenta varios factores como las condiciones actuales y los nuevos elementos que se añadirán o reemplazarán en el actual hardware.

El primer paso a realizar es conocer todos los elementos existentes en el tren para definir red que existirá; se utilizará periferia descentralizada porque las distancias de las entradas y salidas con respecto al autómatas son considerablemente altas, sin esta periferia el cableado puede ser complicado y largo sin mencionar que las perturbaciones electromagnéticas pueden afectar la fiabilidad del sistema.

Es importante saber que el PLC que será instalado debe ser adecuado para la red que existe en ANDEC S.A. Esta red está interconectada por PROFIBUS y es por este motivo que se usará este tipo de red para el diseño. Es un sistema de bus abierto con protocolo de transmisión “DP” (Periferia descentralizada por sus siglas en Aleman), está formado por solo un par de hilos apantallados con conector RS485, en algunas ocasiones formada por un cable de fibra óptica, en resumidas palabras su función es enviar datos al CPU central.

Los tableros que se procederá a diseñar, se dividen de igual forma que el tren, uno para la salida del horno y entrada al tren, el segundo para la sección de desbaste controlando las cajas 1-5, el intermedio que es el encargado de las cajas 6-11 y por último el del acabador que comanda las cajas 12-15.

Este PLC trabajará conjuntamente con un PLC de la empresa de automatización DANIELI, llamado “10 PLC”, SIEMENS de gama S7-400, este se comunica por PROFIBUS con otro autómatas de la misma marca llamado Pasarela.

5.2. DISEÑO

El primer paso es saber cuáles son las entradas y salidas que irán en el nuevo control, actualmente el System M. cuenta en total con:

- 705 Entradas digitales.
- 670 Salidas digitales.
- 4 entradas analógicas.

Se realizó el estudio y se eliminaron:

Entradas/Salidas que no se usan por migración al PLC Danieli.

Entradas/Salidas que no se usan por migración al PLC Pasarela.

Entradas/Salidas reservas, que serán reubicadas.

Quedando, sin tomar en cuenta reservas, un total de:

- 430 entradas digitales.
- 297 salidas digitales.

El PLC Pasarela, está realizando la función de comunicador entre el PLC System M. y el 10 PLC, debido a que entre estos dos, no se puede realizar una comunicación directa como PROFIBUS o PROFINET; el PLC Pasarela se comunica vía PROFIBUS directamente con el 10 PLC y envía la información salida por salida con entradas del system M y viceversa, además, de la existencia de entradas y salidas directas del Pasarela con el campo, teniendo así en el PLC Pasarela:

Comunicación PROFIBUS con el 10 PLC, estas señales serán tratadas en el nuevo PLC del mismo modo, envío de datos por PROFIBUS con el 10 PLC.

Salidas conectadas con entradas en el System, estas señales serán recibidas directamente con el nuevo PLC haciendo uso de nuevas entradas, sin necesidad de

pasarela; algunas de estas señales se eliminan porque pueden ser procesadas por PROFIBUS.

Entradas que vienen del System M., estas se convierten en salidas y del mismo modo que en el caso anterior se eliminan las señales que pueden transmitirse por PROFIBUS.

Entradas y salidas que vienen del campo, estas señales serán tratadas como entradas y salidas en el nuevo PLC.

Al número total de entradas y salidas en el nuevo PLC, se suman del Pasarela, que se elimina completamente:

- 13 entradas.
- 15 salidas.

Los cuatro paneles de mando local, no se encuentran en óptimas condiciones, lo mejor es cambiarlos y aprovechando el cambio de PLC, se opta por utilizar remotas en cada uno de los nuevos paneles descritos a continuación.

PML a la salida del horno y entrada al tren, sirve para que el operario realice movimientos en el camino de rodillos de la salida del tren, el movimiento del transferidor, el camino de rodillos de la entrada al tren y por último del arrastrador, consta de 20 entradas digitales (4 reserva) y 20 salidas digitales (5 reserva) y consta de:

Tabla 5. 1

Accesorios PML entrada al tren.

PML	Número	Tipo	PLC		Color
			# Entradas	# Salidas	
Entrada tren	S01	Pulsador Emergencia		0	Rojo
	H01	Foco	0	1	Amarillo
	A01	Pulsador/Led	1	1	Verde
	A02	Pulsador/Led	1	1	Verde
	S02	Pulsador NC	1	0	Rojo

	H02	Foco	0	1	Amarillo
	S07	Pulsador/Led	1	1	
	A03	Pulsador/Led	1	1	Verde
	A04	Pulsador/Led	1	1	Verde
	S03	Pulsador NC	1	0	Rojo
	S04	Selector	2	0	-
	A05	Pulsador/Led	1	1	Verde
	A06	Pulsador/Led	1	1	Verde
	S05	Pulsador NC	1	0	Rojo
	H03	Foco	0	1	Amarillo
	A07	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A08	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A09	Pulsador/Led	1	1	Verde
	A10	Pulsador/Led	1	1	Verde
	A11	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A12	Pulsador/Led	1	1	Azul
	S06	Pulsador	1	0	Negro

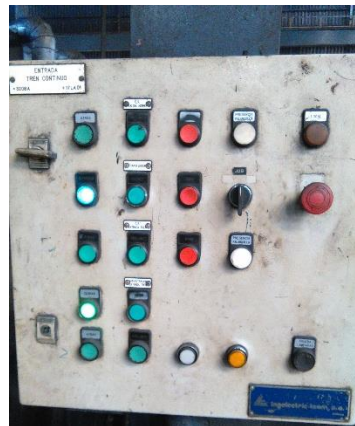


Figura 5.1.- PML a reemplazar entrada tren. (Fuente: Autores)

PML Desbaste: sirve para realizar en su mayoría movimientos hidráulicos como bloquear y desbloquear caja, abrir cerrar luz, etc, realizar también movimientos lentos de motores (JOG) y consta de indicadores para saber el estado

de las cajas; este PML domina el grupo de las cajas 1-5, consta de 36 entradas (4 reservas y 8 reservas control remoto), 20 salidas digitales (1 reserva) y consta de:

Tabla 5. 2

Accesorios PML desbaste.

PML	Número	Tipo	PLC		Color
			# Entradas	#Salidas	
Desbaste	S01	Pulsador Emergencia		0	Rojo
	S02	Pulsador		0	Azul
	S03	Selector	5	0	-
	H01	Foco	0	1	Amarillo
	H02	Foco	0	1	Amarillo
	H03	Foco	0	1	Amarillo
	H04	Foco	0	1	Amarillo
	H05	Foco	0	1	Amarillo
	A01	Pulsador/Led	1	1	Blanco
	A02	Pulsador/Led	1	1	Blanco
	A03	Pulsador/Led	1	1	Verde
	A04	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A05	Pulsador/Led	1	1	Azul
	S04	Pulsador	1	0	Verde
	A06	Pulsador/Led	1	1	Verde
	A07	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A08	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A09	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A10	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A11	Pulsador/Led	1	1	Blanco
	S07	Pulsador	0	0	Blanco
	S05	Selector	4	0	-
	A13	Pulsador/Led	1	1	Azul

	A14	Pulsador/Led	1	1	Azul
	S06	Pulsador	1	0	Negro



Figura 5.2.- PML a reemplazar desbaste.

PML Intermedio, sirve para realizar en su mayoría movimientos hidráulicos como bloquear y desbloquear caja, abrir cerrar luz, etc, realizar también movimientos lentos de motores (JOG) y consta de indicadores para saber el estado de las cajas; este PML domina el grupo de las cajas 6-11, consta de 44 entradas (4 reservas y 8 reservas control remoto), 28 salidas digitales (2 reservas) y consta de:

Tabla 5.3

Entradas, salidas y elementos para PML Intermedio.

PML	Número	Tipo	PLC		Color
			# Entradas	# Salidas	
Intermedio	S01	Pulsador Emergencia	-	-	Rojo
	S02	Pulsador	-	-	Azul
	S03	Selector	6	0	-
	H01	Foco	0	1	Amarillo
	H02	Foco	0	1	Amarillo
	H03	Foco	0	1	Amarillo
	H04	Foco	0	1	Amarillo
	H05	Foco	0	1	Amarillo
H06	Foco	0	1	Amarillo	

	A01	Pulsador/Led	1	1	Blanco
	A02	Pulsador/Led	1	1	Blanco
	A03	Pulsador/Led	1	1	Verde
	A04	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A05	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A06	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A07	Pulsador/Led	1	1	Azul
	S04	Pulsador	1	0	Verde
	A08	Pulsador/Led	1	1	Verde
	A09	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A10	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A11	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A12	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A13	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A14	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A15	Pulsador/Led	1	1	Blanco
	A16	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A17	Pulsador/Led	1	1	Azul
	S05	Selector	4	0	-
	A18	Pulsador/Led	1	1	Azul
	A19	Pulsador/Led	1	1	Azul
	S06	Pulsador	1	0	Negro
	S07	Pulsador	1	0	Blanco



Figura 5.3.- PML a reemplazar intermedio.

PML Acabador, sirve para realizar en su mayoría movimientos hidráulicos como bloquear y desbloquear caja, abrir cerrar luz, etc, realizar también movimientos lentos de motores (JOG) y consta de indicadores para saber el estado de las cajas; este PML domina el grupo de las cajas 12-15, consta de 40 entradas (4 reservas y 8 reservas control remoto), 28 salidas digitales (4 reservas) y consta de:

Tabla 5.4

PML a reemplazar acabador.

PML	Número	Tipo	PLC		Color
			# Entradas	# Salidas	
Acabador	S01	Pulsador Emergencia	0	0	Rojo
	S02	Pulsador	0	0	Azul
	S03	Selector	4	0	-
	H01	Foco	0	1	Amarillo
	H02	Foco	0	1	Amarillo
	H03	Foco	0	1	Amarillo
	H04	Foco	0	1	Amarillo
	H05	Foco	0	1	Amarillo
	H06	Foco	0	1	Amarillo
	A01	Pulsador/Led	1	1	Blanco
	A02	Pulsador/Led	1	1	Blanco

A03	Pulsador/Led	1	1	Verde
A04	Pulsador/Led	1	1	Azul
A05	Pulsador/Led	1	1	Azul
A06	Pulsador/Led	1	1	Azul
A07	Pulsador/Led	1	1	Azul
S04	Pulsador	1	0	Verde
A08	Pulsador/Led	1	1	Verde
A09	Pulsador/Led	1	1	Azul
A10	Pulsador/Led	1	1	Azul
A11	Pulsador/Led	1	1	Azul
A12	Pulsador/Led	1	1	Azul
A13	Pulsador/Led	1	1	Blanco
A14	Pulsador/Led	1	1	Azul
A15	Pulsador/Led	1	1	Azul
S05	Selector	4	0	-
A16	Pulsador/Led	1	1	Azul
A17	Pulsador/Led	1	1	Azul
S06	Pulsador	1	0	Negro
S07	Pulsador	0	0	Blanco



Figura 5.4.- PML a reemplazar acabador.

Dejando para el nuevo PLC, incluyendo todas las reservas un total de:

- 500 entradas.
- 392 Salidas.

Los botones de Emergencia y Reset, no forman parte de los movimientos de las cajas y de los sistemas auxiliares, por lo que se redirigirán desde los PML's existentes, hacia los nuevos PML, usando los Phoenix Contact.

5.3. RED

Una vez levantada la información se prosigue con la selección de la red que ocupará este proyecto, el PLC ubicado en el cuarto principal eléctrico, conectado por PROFIBUS con el 10 plc y sus 4 remotas para el tren:



Figura 5.5.- Diagrama de red PLC - PML's. (Obtenido de Tia tool selection).

Resumiendo lo que se aprecia en la gráfica, se poseerá una periferia descentralizada para el PLC, explicado en el capítulo VII, mediante PROFIBUS DP se interconectan los PML al PLC y a su vez se conectará con el 10-PLC de DANIELI.

5.4. SELECCIÓN DEL PLC

ANDEC S.A. posee una red amplia de PLC que en su mayoría utiliza equipos *Siemens*, conectados a una red PROFIBUS, existe dentro de la empresa, más concretamente el área de mantenimiento, quiere unificar y estandarizar los accesorios que poseen para que se obtenga un ahorro y cierta facilidad al momento de realizar un cambio o mantenimiento, así pues teniendo estas consideraciones se tiene como mejor opción el CPU 414-3 PN/DP de marca *Siemens*, las características técnicas se describen en la siguiente tabla:

Tabla 5. 5

Especificaciones técnicas CPU 414.

CPU 414-3 PN/DP	
Generales	
Dimensiones	50X290X219 mm.
Slots	2
Firmware	V5
Memoria de trabajo	
Integrada	4MB
Instrucciones	680K
Para programa	2MB
Para datos	2MB
Tiempos de procesamiento	
Operación de Bit	0,045 μ s
Operación de palabra	0,045 μ s
Memorias, timers, contadores	
Bits de memoria	8KB
Contadores y timers S7	2048/2048
Rango de direcciones	
E/S	8KB/8KB
Canales digitales	65536
Canales análogos	4096
Interfaces DP	
Número de interfaces	2
Número de esclavos	96 por cada DP
Memoria	
Tipo de memoria	RAM
Voltaje	
Fuente (Independiente)	24VDC
Consumo	

Potencia típica	6.5W
Potencia máxima	7.5W

(Fuente: Datasheet Siemens)

Se le añadirá a esta una memoria flash de 2 Kbytes.

Para su alimentación se necesita una fuente compatible con la gama de los S7-400, la fuente será la PS407 más actual que posee *Siemens*, existen tipos diferentes de fuentes en algunos de los tableros, pero solamente son versiones más antiguas, sus características técnicas se describen en la siguiente tabla:

Tabla 5.6

Especificaciones técnicas CPU 414.

PS407 power supply	
6ES7407-0KA02-0AA0	
Generales	
Dimensiones	50X290X217 mm.
Peso	1200 g.
Entrada	
Entrada	1 fase AC
Fuente / 1 / (AC)	110 ... 220 V
Frecuencia	50 / 60 Hz
Voltaje de entrada a 120 V	87 V
Voltaje de entrada a 230 V	264 V
Corriente nominal 120 VAC	0,9 A
Corriente nominal 230 VAC	0,5 A
Intensidad de cierre máx.	63 A
Salida	
Voltaje mín.	5VDC
Voltaje máx.	24VDC
Corriente (5VDC)	10 A
Corriente (24VDC)	1 A
Potencia consumo	95W

(Fuente: Datasheet Siemens)

5.5. SELECCIÓN DE MÓDULOS

Nuevamente por motivos de repuestos y alcance que se posee con los mismos, se decide utilizar periferia descentralizada ET200M, especial para módulos de gama S7-300, usada en el mismo tablero para optimización de espacio, es decir, el PLC irá conectado por PROFIBUS DP a los módulos digitales de entradas y salidas.

Se poseen 500 entradas digitales, de las cuales 140 serán destinadas a las remotas en los PML, dejando así un total de 360 entradas, de las 392 salidas digitales, se envían del mismo modo 96 salidas a las remotas.

Los módulos seleccionados serán de:

- 32 entradas digitales por módulo. (SM 321 32DI 24 VDC).
- 32 salidas digitales por módulo. (SM 322 32DO 24 VDC).
- 8 Entradas análogas por módulo. (SM 331 8AI 16 bits Sep. Galv.).

Obtención de número de módulos necesarios:

$$\text{Módulos de entradas digitales} = \frac{\text{Número de entradas a plc}}{\text{Número de entradas de módulo}}$$

$$\text{Módulos de entradas digitales} = \frac{360}{32} = 11,25 \approx \mathbf{12 \text{ módulos}}$$

$$\text{Módulos de salidas digitales} = \frac{\text{Número de salidas del plc}}{\text{Número de salidas de módulo}}$$

$$\text{Módulos de salidas digitales} = \frac{296}{32} = 9,25 \approx \mathbf{10 \text{ módulos}}$$

$$\text{Módulos de entradas análogas} = \frac{\text{Número de salidas al plc}}{\text{Número de salidas de módulo}}$$

$$\text{Módulos de entradas analógicas} = \frac{24}{8} = \mathbf{3 \text{ módulos}}$$

A continuación se muestran las especificaciones técnicas de los módulos de entradas y salidas del tablero principal:

Tabla 5.7

Especificaciones técnicas de SM321 32DI.

SM 321 32DI 24 VDC	
6ES7321-1BL00-0AA0	
Generales	
Dimensiones	40X125X120 mm.
Peso	260 g.
Voltaje	

CONTINÚA →

Nominal	24 VDC
Rango mínimo	20.4 VDC
Rango máximo	28.8 VDC
Corriente de entrada	15 mA
Potencia típica	6.5 W
Núm. De entradas	32
Conector frontal	40 pines

(Fuente: Datasheet Siemens)

Tabla 5.8

Especificaciones técnicas SM322 32DO.

SM 322 32DO 24 VDC	
6ES7322-1BL00-0AA0	
Generales	
Dimensiones	40X125X120 mm.
Peso	260 g.
Voltaje	
Nominal	24 VDC
Rango mínimo	20.4 VDC

CONTINÚA →

Rango máximo	28.8 VDC
Corriente de entrada	160 mA
Potencia típica	6.6 W
Número de salidas	32
Límite inferior	48 Ω
Límite superior	4k Ω
Corriente de salida	
Por señal (Nominal) para "1"	0.5 A
Por señal permisible "1"	0.6 A
Corriente de carga mínima "1"	5 mA
Corriente residual máxima para "0"	0.5 mA
Corriente en posición horizontal	4 A
Conector frontal	40 Pines

(Fuente: Datasheet Siemens)

Tabla 5. 9

Especificaciones técnicas SM331 8AI 16 bit.

SM 331 8AI 16 bits Sep. Galv.	
6ES7331-7NF10-0AB0	
Generales	
Dimensiones	40X125X120 mm.
Peso	272 g.
Voltaje	
Nominal	24 VDC
Posee protección contra polaridad inversa	
Corriente de entrada	200 mA
Potencia típica	3W
Número de entradas	8
Voltaje de entrada permisible	75V; 35V continuos por máx. 1 seg.
Corriente de entrada permisible	40 mA
Conector frontal	40 pines

(Fuente: Datasheet Siemens)

Estos módulos necesitan de un IM, encargado del envío de datos desde la remota al PLC, se seleccionó la IM-153-2 High Feature para ET200M (“6ES7153-2BA02-0XB0”), que es la última versión, además de compatible con la gama de los S7-300 de *Siemens*:

Tabla 5. 10

Especificaciones técnicas IM153-2 HF.

IM 153-2 High Feature	
6ES7153-2BA02-0XB0	
Generales	
Dimensiones	40X125X117 mm.
Interfaz Profibus	
Físico	RS485 (Cobre)
Direcciones PROFIBUS	1 ... 125
Especificaciones	
Número de módulos insertables	12
E/S	244/244
Rango de Módulos	
I/O digitales	Sin Restricción
Fuente de voltaje	24VDC
Mínimo	20.4 V
Máximo	28.8 V
Protección externe recomendada	2.5 A
Corriente de entrada	
Consumo Máximo	600mA / 24 VDC
Corriente de entrada	3A
Voltaje de salida	5V DC
Corriente de salida	1.5 A /5 VDC
Potencia típica	5.5 W
Tiempos	
Resolución	0,466 ns
interfaces	
Interfaz física	RS 485
PROFIBUS DP	1 a 125 nodos
Detección automática	Si
Corriente de salida	70 mA
Velocidad de transmisión	12Mbit/s

(Fuente: Datasheet Siemens)

Siguiendo el orden de diseño, se presenta a continuación el número de módulos necesarios para las remotas de los paneles:

PML Entrada tren

$$\text{Módulos de entradas digitales} = \frac{\text{Número de entradas a plc}}{\text{Número de entradas de módulo}}$$

$$\text{Módulos de entradas digitales} = \frac{20}{4} = \mathbf{5 \text{ módulos}}$$

$$\text{Módulos de salidas digitales} = \frac{\text{Número de salidas al plc}}{\text{Número de salidas de módulo}}$$

$$\text{Módulos de Salidas digitales} = \frac{20}{4} = \mathbf{5 \text{ módulos}}$$

En total 5 módulos de entradas digitales y 5 módulos de salidas digitales.

PML Desbaste

$$\text{Módulos de entradas digitales} = \frac{\text{Número de entradas a plc}}{\text{Número de entradas de módulo}}$$

$$\text{Módulos de entradas digitales} = \frac{36}{4} = \mathbf{9 \text{ módulos}}$$

$$\text{Módulos de salidas digitales} = \frac{\text{Número de salidas al plc}}{\text{Número de salidas de módulo}}$$

$$\text{Módulos de Salidas digitales} = \frac{20}{4} = \mathbf{5 \text{ módulos}}$$

En total 9 módulos de entradas digitales y 5 módulos de salidas digitales.

PML Intermedio

$$\text{Módulos de entradas digitales} = \frac{\text{Número de entradas a plc}}{\text{Número de entradas de módulo}}$$

$$\text{Módulos de entradas digitales} = \frac{44}{4} = \mathbf{11 \text{ módulos}}$$

$$\text{Módulos de salidas digitales} = \frac{\text{Número de salidas al plc}}{\text{Número de salidas de módulo}}$$

$$\text{Módulos de Salidas digitales} = \frac{28}{4} = \mathbf{7 \text{ módulos}}$$

En total 11 módulos de entradas digitales y 7 módulos de salidas digitales.

PML Acabador

$$\text{Módulos de entradas digitales} = \frac{\text{Número de entradas a plc}}{\text{Número de entradas de módulo}}$$

$$\text{Módulos de entradas digitales} = \frac{40}{4} = \mathbf{10 \text{ módulos}}$$

$$\text{Módulos de salidas digitales} = \frac{\text{Número de salidas al plc}}{\text{Número de salidas de módulo}}$$

$$\text{Módulos de Salidas digitales} = \frac{28}{4} = \mathbf{7 \text{ módulos}}$$

En total 10 módulos de entradas digitales y 7 módulos de salidas digitales.

Dando como total:

Tabla 5. 11

Resumen de módulos para remotas.

PML	Módulos	
	Entradas	Salidas
Entrada tren	5	5
Desbaste	9	5
Intermedio	11	7
Acabador	10	7
Total	35	24

En cuanto al modelo seleccionado para estos módulos, se toma en cuenta las características que poseen los paneles de las cajas 16-21 de DANIELI, estos son para las entradas módulos 131 4DI 24VDC para ET200S y para las salidas los módulos 132 4DO 24VDC para ET200S, a continuación se presenta las características técnicas de los módulos de entradas y salidas:

5.6. ACCESORIOS

Dentro de los accesorios se pueden encontrar todos aquellos elementos indispensables para que los elementos antes seleccionados puedan funcionar correctamente, esto incluye:

- Botones, palancas luminaria para PML.
- Cables, conectores, borneras para tableros y módulos I/O.

- Protecciones y seguridad para equipos.

Se realizó un listado de los elementos necesarios para todos los PML además de extras para repuestos en caso de averías.

Tabla 5.12

Accesorios necesarios para nuevos PML.

ACCESORIOS PML			
Nombre	Marca	Referencia	Cant.
Pulsador blanco NO dia 22 mm	Telemecanique	XB4-BA3341 (1)	5
Pulsador luminoso blanco NO dia 22 mm	Schneider - Electric	XB4-BW31B5	15
Pulsador verde NO dia 22 mm	Schneider - Electric	XB4-BP31	5
Pulsador luminoso verde NO dia 22 mm	Schneider - Electric	XB4-BW33B5	20
Pulsador azul NO dia 22 mm	Schneider - Electric	XB4-BP61	5
Pulsador luminoso azul NO dia 22 mm	Schneider - Electric	XB4-BW36B5	40
Pulsador negro NO dia 22 mm	Schneider - Electric	XB4-BP21	5
Pulsador rojo NC dia 22 mm	Schneider - Electric	XB4-BP42	5
Pulsador Emergencia dia 40 mm	Schneider - Electric	XB5-AS8445	5
Luz amarilla dia 22 mm	Schneider - Electric	(ZB4-BVB4 + ZB4-BV043)	25
Selector 2 posiciones retorno a cero	Schneider - Electric	XB4-BJ53	2
2+2 positions + central zero position	General electric	077M2T2TY44	6
selector 6 posiciones	Schmersal	RWSE6K.1 (Orden 119 5860)	6

Accesorios PLC central y periferia.

Tabla 5. 13

Accesorios para armado de tablero (PLC y periferia).

Nombre	Referencia	Número de configurados	Número total
Cable marino SIENOPYR FR	6XV1830-0MH10	5	136

Conector PROFIBUS FastConnect RS485 hasta 12 MBd, salida de cable 90°, sin conector hembra para PG (1 ud.)	6ES7972-0BA52-0XA0	7	7
PROFIBUS FC Standard Cable GP	6XV1830-0EH10	1	20
Perfil soporte 830 mm	6ES7390-1AJ30-0AA0	2	2
IM 153-2 High Feature para ET 200M, PROFIBUS DP	6ES7153-2BA02-0XB0	2	2
Entrada digital 32DI, 24V DC; sep. galv.	6ES7321-1BL00-0AA0	12	12
Conector frontal con 40 hilos individuales de 0,5 mm ² , H05V-K, versión atornillada, L = 5,0 m	6ES7922-3BF00-0AC0	22	22
UR1, aparato central/ampliación; 18 slots, bus K	6ES7400-1TA01-0AA0	1	1
Alimentación PS407 10A; 120/230V AC -> 5V/24V DC	6ES7407-0KA02-0AA0	1	1
CPU 414-3 PN/DP	6ES7414-3EM06-0AB0	1	1
Entrada analógica 16AI; 16 bits; sep. galv.; U, I, R, T, PT100	6ES7431-7QH00-0AB0	1	1
Conector frontal para módulos de señales; contactos de tornillo	6ES7492-1AL00-0AA0	1	1
Salida digital 32DO, 24V DC, 0,5A; sep. galv.	6ES7322-1BL00-0AA0	10	10
Entrada analógica 8 AI; 16 bits; sep. galv.	6ES7331-7NF00-0AB0	2	2
Conector frontal de 40 polos con contactos de tornillo	6ES7392-1AM00-0AA0	2	2
IM 151 para conectar el ET200S a PROFIBUS DP	6ES7151-1AA05-0AB0	4	4
Módulo de potencia PM-E 24V DC para módulos electrónicos con diagnóstico (5 uds.)	6ES7138-4CA01-1AA0	4	4
Módulo electrónico, 4DI, 24V DC, estándar (5 uds.)	6ES7131-4BD01-0AA0	35	35
Módulo electrónico, 4DO, 24V DC/0,5A, estándar (5 uds.)	6ES7132-4BD02-0AA0	25	25
Módulo de terminales con acceso a AUX1; bornes de tornillo (5 uds.)	6ES7193-4CC20-1AA0	4	4
Módulo de terminales; bornes de tornillo (5 uds.)	6ES7193-4CB00-0AA0	60	60
SITOP PSU200M, monofásico y bifásico, 24 V DC/5 A	6EP1333-3BA10	4	4
SITOP PSU8200, monofásico, 24 V DC/20 A	6EP1336-3BA10	1	1

Equipo de protección

Tabla 5.14

Equipo de protección para PLC y remotas de PML.

TABLERO		
Núm.	Elemento	Tipo
1	Q01	Guarda motores 25A
2	Q02	Guarda motores 6A
3	Q03	Guarda motores 4A
4	Q04	Guarda motores 4A
5	Q05	Guarda motores 4A
6	Q06	Guarda motores 4A
7	Q07	Guarda motores 4A
8	Q11	Guarda motores 6A

9	Q12	Guarda motores 6A
10	Q13	Guarda motores 6A
11	Q14	Guarda motores 6A
12	Q15	Guarda motores 6A
13	X10	ENCHUFE 220VAC
14	X11	ENCHUFE 220VAC
15	E11	Iluminación para tablero
16	S91	Activador para iluminación
17	X101	Bornera de 40 bornes
PML X4		
1	Q01	GUARDAMOTORES 6A
3	Q11	GUARDAMOTORES 4A
4	X60	FUSIBLES 1A

5.7. DISEÑO DE TABLERO Y PML

Para el tablero se debe tomar en cuenta la forma en cómo se conectará con el tablero que se encuentra junto a este, para ello se necesitan conectores de 64 pines para cable plano hembra, actualmente y como se explicó al inicio de este capítulo, se utilizará el tablero ya armado para recoger de allí todas las señales que deben ser redirigidas al PLC, la siguiente figura muestra la configuración de dicho tablero.



Figura 5.6.- Distribución actual de PLC.

Se realizó el estudio de las entradas y salidas que se encuentran en el tablero mostrado en la figura anterior, toda la información se encuentra en los anexos donde se especifica las entradas, las salidas y el lugar donde van conectados cada uno, el conector que necesita para realizar la conexión entre tableros se requiere el siguiente tipo de conector:

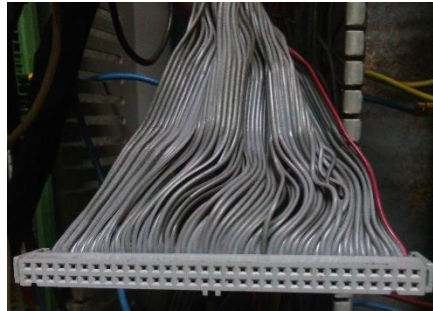


Figura 5.7.- Conector hembra para unir tableros por medio de cable plano.

De este tipo de conectores existen 27 conectores de 64 pines y 13 de 36 pines, llevando cable plano de 64 y 36 hilos respectivamente, estos cables pasarán por debajo del tablero, teniendo un diámetro promedio de 1.5 pulgadas de diámetro por lo que:

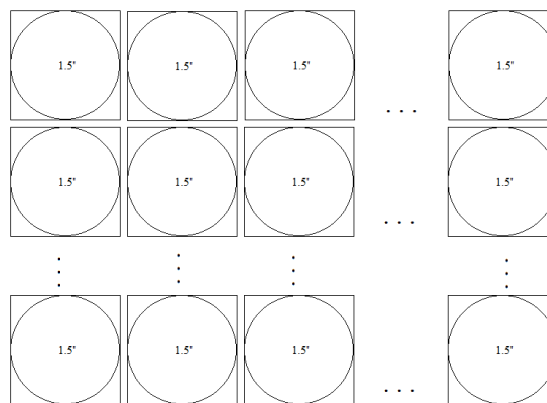


Figura 5.8.- distribución de cables que pasan por el tablero.

Siendo el área de cada “Cuadrado” representando el cable que pasa por el y teniendo en cuenta que la cantidad de cables que deben pasar es 40 como mínimo se tiene un área total de:

$$\text{Área}_{\text{cable}} = 1.5^2 = 2.25$$

Para obtener holgura en el cálculo se hace para 50 cables (10 más de los necesitados), se requiere entonces un área mínima de:

$$\text{Área_tablero}_{\text{Mínima}} = 2.25 (\text{in})^2 * (25.4)^2 \frac{\text{mm}^2}{\text{in}^2} * 50 \text{ cables} = 72580.5 \text{ mm}^2$$

Este valor representa el área mínima inferior que debe tener el tablero para que todos los cables pasen sin problemas, dentro de los tamaños de tablero estándar se tienen de 800 mm de ancho o de 1000 mm de anchos, y un espesor estándar de 600 mm, teniendo en cuenta que sus áreas internas pierden 100 mm por costado se tiene:

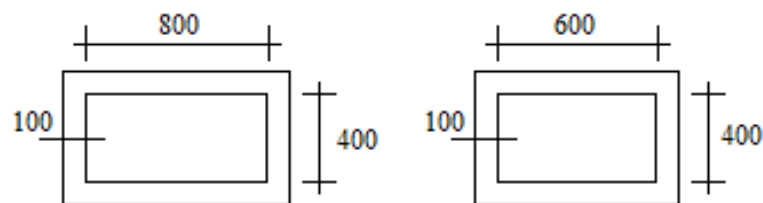


Figura 5.9.- Esquema inferior de tableros 1000 mm de ancho (Izq) y 800 mm de ancho (Der).

$$\text{Área_tablero}_{1000} = 800 * 400 = 320000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área_tablero}_{800} = 600 * 400 = 240000 \text{ mm}^2$$

Se aprecia que en ambos casos la cantidad de cable puede pasar son problema, ahora se debe examinar si las dimensiones del PLC permiten escoger el tablero de 800 mm puesto que esto representará un costo en comparación con el tablero de 1000 mm de ancho.

A diferencia que en los cables el tablero internamente pierde solamente 50 mm por lado, lo que lleva a obtener en el tablero un ancho total de 900 mm y 700 mm respectivamente, teniendo en cuenta que se pueden tener en el tablero hasta 3 rack, se puede decir que un piso, que lleva el CPU, la fuente y la comunicación DP, ocupará un bastidor para S7-400.

La segunda y tercera llevarán la IM y los módulos I/O, teniendo en cuenta que son 24 módulos de entradas, salidas y analógicos sumados a estos los módulos IM para la comunicación con la CPU, se tienen 13 módulos por Rack, dando estos una longitud de:

$$L_{\text{Módulos}} = \text{ancho}_{IM} + 12 * \text{ancho}_{\text{Módulos}} + 13 * \text{separación entre módulo}$$

$$L_{\text{Módulos}} = 40 + 12 * 40 + 13 * 2 = 546 \text{ mm}$$

Lo que nos obliga a utilizar un perfil soporte de 830 mm, con esto el tablero que debe ser utilizado será el de 1000 mm de ancho, los planos de dicho armario se encuentran en los anexos.

Cálculo de potencia

Es muy importante ver la necesidad en el tablero de un disipador de calor (ventilador), se debe realizar una valoración de la potencia que el sistema va a emanar, si la potencia supera 1,5 kw, será necesario incluir uno en el armario.

Tabla 5.15

Consumo de tablero OP30PLC.

TABLERO			
Elemento	Cant	Pot/U	Pot [W]
IM 153-2 High Feature para ET 200M, PROFIBUS DP	2	5,5	11
Entrada digital 32DI, 24V DC; sep. galv.	12	6,5	78
Alimentación PS407 10A; 120/230V AC -> 5V/24V DC	1	95	95
CPU 414-3 PN/DP	1	7,5	7,5
Salida digital 32DO, 24V DC, 0,5A; sep. galv.	10	6,6	66
Entrada analógica 8 AI; 16 bits; sep. galv.	2	10	20
SITOP PSU8200, monofásico, 24 V DC/20 A	1	480	480
Iluminación para tablero	1	30	30
		Total	787,5

Ahora se tendrá presente también la potencia del PML intermedio, se realizó para este PML por ser el que mayor cantidad de elementos posee, ninguno de los tres restantes ocupará más potencia que este PML y se aplicará para todos el mismo sistema de interconexión:

Tabla 5.16

Consumo de PML máximo.

PML Intermedio			
Pulsador luminoso blanco NO dia 22 mm	18	5	90
Luz amarilla dia 22 mm	6	5	30
SITOP PSU200M, monofásico y bifásico, 24 V DC/5 A	1	120	120
Módulo electrónico, 4DI, 24V DC, estándar (5 uds.)	11	0,7	7,7
Módulo electrónico, 4DO, 24V DC/0,5A, estándar (5 uds.)	7	0,7	4,9
IM 151 para conectar el ET200S a PROFIBUS DP	1	3,3	3,3
Módulo de potencia PM-E 24V DC para módulos electrónicos con diagnóstico (5 uds.)	1	0,1	0,1
Total			256 w

Longitud de cable PROFIBUS:

Según la siguiente tabla, se toma en consideración la distancia entre PML y la longitud del cable se le sumó la vía bajo tierra y cable de reserva, en total se ordenan 200 metros de cable como se ve en la tabla:

Tabla 5.17

Distancias entre PML y longitud de cable PROFIBUS.

Distancias entre PML's		Distancia (mm)	Long cable (mm)
E.T.	Des	12000	30000
Des	Int	24000	30000
Int	Acab	24000	30000
PML	PLC Nuevo	80000	100000
		Total	190000

Tabla 5.18

Especificaciones técnicas de SM132 4DO.

132 4DO 24VDC para ET200S
6ES7132-4BD02-0AA0

Generales	
Dimensiones	15X81X52 mm.
Peso	40 g.
Voltaje Nominal	24 VDC de PM-E
Corriente de entrada	10 mA / canal
Potencia típica	0.8 W
Salidas digitales	4
Umbral de respuesta	1 - 1.5 A
Corriente de salida	
Para "1" valor nominal	0.5 A
Para "1" valor permisible mín	7 mA
Para "1" valor permisible máx	600 mA
Para "0" corriente residual máx	0.3 mA
Retardo con carga resistiva	
de "0" a"1" máx	45 μ s
de "1" a"0" máx	90 μ s
Variación de frecuencia	
Carga resistiva máx	800 Hz
Carga inductiva máx	2 Hz

(Fuente: Datasheet Siemens)

Tabla 5.19

Especificaciones técnicas de SM131 4DI.

131 4DI 24VDC para ET200S	
6ES7131-4BD01-0AA0	
Generales	
Dimensiones	15X81X52 mm.
Peso	35 g.
Voltaje	
Nominal	24 VDC de PM-E
Rango mínimo	20.4 VDC

Rango máximo	28.8 VDC
Posee protección contra polaridad inversa	
Corriente de entrada	10 mA
Corriente de salida	0 - 500 mA
Potencia típica	0.7 W
Entradas digitales	4
Corriente para "1"	7mA a 24VDC
Entradas estandar	
de "0" a"1" mín	2ms (3 típico)
de "0" a"1" máx	4,5 ms
de "1" a"0" mín	2ms (3 típico)
de "1" a"0" máx	4,5 ms
No son parametrizables	

(Fuente: Datasheet Siemens)

Estos módulos necesitan de un IM 151 para ET200s (“6ES7151-1AA05-0AB0”), posee conexión de PROFIBUS DP que enviará todas las señales de entrada de pulsadores y selectores, además, recibirá todas las señales de salida del PLC para activar los pilotos luminosos. A continuación sus características técnicas:

Tabla 5. 20

Especificaciones técnicas IM151.

IM 151 para ET200s	
6ES7151-1AA05-0AB0	
Generales	
Dimensiones	45X119.5X75 mm.
Peso	150 g.
Corriente de entrada	200 mA
Potencia típica	3.3 W
Direcciones	

Entradas	244 bytes
Salidas	244bytes
PROFIBUS DP	
Corriente de salida máx.	80 mA
Velocidad de transmisión	12 Mbit/s; 9,6 / 19,2 ... / 500 kbit/s
Modo de transmisión	RS485

(Fuente: Datasheet Siemens)

Y los módulos para mantener con energía a los módulos se llaman Power module PM-E 24VDC para ET200S (“6ES7138-4CA01-0AA0”), se destinarán uno por PML y se conservarán dos como repuestos.

Tabla 5.21

Especificaciones técnicas PM-E.

Power module PM-E 24VDC para ET200S	
6ES7138-4CA01-0AA0	
Generales	
Dimensiones	15X81X52 mm.
Peso	35 g.
Voltaje de carga	
Valor nominal	24VDC
Posee protección contra polaridad inversa	
Corriente de entrada	4 mA
Potencia típica	0.1 W
Aislamiento galvánico probado con 500 VDC	

5.8. COSTOS

Listado de costos

Tabla 5.22

Listado de referencias, costos y cantidades.

Nombre	Referencia	Cantidad	Costo U.	Costo
ACCESORIOS PML				
Pulsador blanco NO dia 22 mm	XB4-BA3341 (1)	5	\$ 20,00	\$ 100,00
Pulsador luminoso blanco NO dia 22 mm	XB4-BW31B5	15	\$ 20,00	\$ 300,00
Pulsador verde NO dia 22 mm	XB4-BP31	5	\$ 20,00	\$ 100,00
Pulsador luminoso verde NO dia 22 mm	XB4-BW33B5	20	\$ 20,00	\$ 400,00
Pulsador azul NO dia 22 mm	XB4-BP61	5	\$ 20,00	\$ 100,00
Pulsador luminoso azul NO dia 22 mm	XB4-BW36B5	40	\$ 20,00	\$ 800,00
Pulsador negro NO dia 22 mm	XB4-BP21	5	\$ 20,00	\$ 100,00
Pulsador rojo NC dia 22 mm	XB4-BP42	5	\$ 20,00	\$ 100,00
Pulsador Emergencia dia 40 mm	XB5-AS8445	5	\$ 20,00	\$ 100,00
Luz amarilla dia 22 mm	(ZB4-BVB4 + ZB4-BV043)	25	\$ 20,00	\$ 500,00
Selector 2 posiciones retorno a cero	XB4-BJ53	2	\$ 20,00	\$ 40,00
2+2 positions + central zero position	077M2T2TY44	6	\$ 40,00	\$ 240,00
selector 6 posiciones	RWSE6K.1 (Orden 119 5860)	6	\$ 40,00	\$ 240,00
PLC Y PERIFERIA DESCENTRALIZADA				
Cable marino SIENOPYR FR	6XV1830-0MH10	200	\$ 4,25	\$ 850,00
Conector PROFIBUS FastConnect RS485 hasta 12 MBd, salida de cable 90°, sin conector hembra para PG (1 ud.)	6ES7972-0BA52-0XA0	7	\$ 88,00	\$ 616,00
PROFIBUS FC Standard Cable GP	6XV1830-0EH10	20	\$ 4,25	\$ 85,00
Perfil soporte 830 mm	6ES7390-1AJ30-0AA0	2	\$ 610,00	\$ 1.220,00
IM 153-2 High Feature para ET 200M, PROFIBUS DP	6ES7153-2BA02-0XB0	2		\$ -
Entrada digital 32DI, 24V DC; sep. galv.	6ES7321-1BL00-0AA0	12	\$ 710,00	\$ 8.520,00
Conector frontal con 40 hilos individuales de 0,5 mm ² , H05V-K, versión atornillada, L = 5,0 m	6ES7922-3BF00-0ACO	22		\$ -
UR1, aparato central/ampliación; 18 slots, bus K	6ES7400-1TA01-0AA0	1		\$ -
Alimentación PS407 10A; 120/230V AC - > 5V/24V DC	6ES7407-0KA02-0AA0	1	\$ 880,00	\$ 880,00
CPU 414-3 PN/DP	6ES7414-3EM06-0AB0	1	\$ 8.200,00	\$ 8.200,00
Conector frontal para módulos de señales; contactos de tornillo	6ES7492-1AL00-0AA0	1		\$ -
Salida digital 32DO, 24V DC, 0,5A; sep. galv.	6ES7322-1BL00-0AA0	10	\$ 970,00	\$ 9.700,00
Entrada analógica 8 AI; 16 bits; sep. galv.	6ES7331-7NF00-0AB0	2	\$ 1.315,00	\$ 2.630,00
Conector frontal de 40 polos con contactos de tornillo	6ES7392-1AM00-0AA0	2		\$ -
IM 151 para conectar el ET200S a PROFIBUS DP	6ES7151-1AA05-0AB0	4	\$ 550,00	\$ 2.200,00
Módulo de potencia PM-E 24V DC para módulos electrónicos con diagnóstico (5 uds.)	6ES7138-4CA01-1AA0	4	\$ 128,00	\$ 512,00
Módulo electrónico, 4DI, 24V DC, estándar (5 uds.)	6ES7131-4BD01-0AA0	35	\$ 274,00	\$ 9.590,00
Módulo electrónico, 4DO, 24V DC/0,5A, estándar (5 uds.)	6ES7132-4BD02-0AA0	25	\$ 710,00	\$ 17.750,00
Módulo de terminales con acceso a AUX1; bornes de tornillo (5 uds.)	6ES7193-4CC20-1AA0	4	\$ 19,00	\$ 76,00

Módulo de terminales; bornes de tornillo (5 uds.)	6ES7193-4CB00-0AA0	60	\$ 19,00	\$ 1.140,00
SITOP PSU200M, monofásico y bifásico, 24 V DC/5 A	6EP1333-3BA10	4	\$ 330,00	\$ 1.320,00
SITOP PSU8200, monofásico, 24 V DC/20 A	6EP1336-3BA10	1	\$ 710,00	\$ 710,00
			Subtotal	\$ 69.119,00

Valor final

Se añaden 80000 dólares por la construcción del tablero y de los 4 PML y un adicional del 15% para materiales extras y costos mal presupuestados.

Tabla 5.23

Costo final del proyecto.

Subtotal	\$ 69.119,00
Tablero y PML	\$ 60.000,00
Extras	\$ 20.367,85
TOTAL	\$ 149.486,85

CAPÍTULO VI

DISEÑO DE LA INTERFAZ HUMANO MÁQUINA

6.1. INTERFACES HUMANO MÁQUINA SYSTEM M.

En un comienzo, el PLC System M controlaba los procesos de velocidad de los motores que mueven los rodillos de laminación junto con los sistemas auxiliares del tren y el horno de palanquillas. Al modernizar el tren de laminación e integrar nuevas cajas, DANIELI, fabricante de las cajas y el control que se sumaron, retiró el dominio del control de las velocidades del PLC System M, y lo integró a su control junto con el HMI. Es por esta razón que muchas ventanas dejaron de funcionar, y quedaron para ser depuradas en un futuro. En este proyecto se hará un proceso parecido al proceso aplicado por DANIELI, y retirará las ventanas pertenecientes a los servicios auxiliares del tren junto con los movimientos hidráulicos.

Este capítulo revisará el estado actual del HMI que se encuentra en funcionamiento para los servicios auxiliares.

6.1.1. ARQUITECTURA.

La arquitectura indica de manera general las diferentes pantallas con las que contará el operador para interactuar con el sistema de automatización y control. Aquí se establecen las relaciones lógicas entre las pantallas de manera que pueda también servir posteriormente al diseño de la navegación del sistema. (Ponsa & Granollers, 2009).

La Interfaz HMI cuenta con 24 pantallas, sin contar con las pantallas de confirmación de arranque, que forman parte de estructura y distribución de la planta, estas 24 pantallas se describen a continuación junto con la función que cumplen:

Parametrización del Tren (cajas).

En esta pantalla se ingresan todos los valores de laminación como la separación de los rodillos en cada caja, configuraciones de las cajas, despunte de cabeza y punta etc.

Arranque del tren.

Aquí se encuentran las ordenes de paro y arranque de los motores de los rodillos junto con las centrales de lubricación, del hidráulico, aire aceite y Tempcore.

Operación.

Muestra todas las condiciones en las cuales se desarrolla el proceso, abarca las operaciones del tren, operaciones de los auxiliares, control del proceso y el ingreso de los valores iniciales.

Operación del Tren.

Muestra los parámetros y condiciones de trabajo del tren y el estado de las cajas de la 1 a la 15.

Operación de los Auxiliares.

Presenta en pantalla los estados más relevantes de los servicios auxiliares además de siempre estar monitoreándolos en cuanto a sus alarmas. Es estos se configura además los arrastradores del tren, formadores de espiras a la salida del Monoblock (Máquina de Alambón), Tempcore y cizallas.

Valores Iniciales del tren.

Aquí se ingresan las configuraciones de las cajas en cuanto a su posición y separación una de otra y las relaciones de transmisión de los reductores.

Control del Proceso.

Aquí indica parámetros de tiempos de producción, tiempos de paros no programados, tiempos de paros programados, consumo de agua y combustible para el horno etc.

Seguimiento Regulación.

Aquí se muestra el proceso de control para la regulación de las velocidades de los motores. Los parámetros que pueden calibrarse son las alturas de los bucles

formados para la rosonda para las tres zonas de cajas (desbaste, intermedio y acabador). Además contiene un histórico de velocidades de los motores y un simulador de palanquilla para hacer pruebas al equipo antes de arrancar, aunque hoy en día es muy poco utilizado.

Auxiliares del Tren.

Contempla los sistemas del hidráulico, lubricación, aire aceite, transformadores, factor de potencia y Tempcore. En esta pantalla se dan las órdenes de arranques además de recibir señales de estado de los equipos.

6.1.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS PANTALLAS Y COLORES.

La distribución de pantallas son plantillas que regirán el desarrollo de la interfaz. En ella se define formalmente la tipología de las pantallas, esto es, establecer cuantas clases serán desarrolladas y crear plantillas generales para cada una de ellas. En la distribución de la pantalla deberá contar la ubicación del título, la del menú del sistema (de existir), ubicación de las alarmas, ubicación del mímico del área o tarea, ubicación de funciones genéricas y en caso de existir, elementos de tendencias y tablas. (Ponsa & Granollers, 2009).

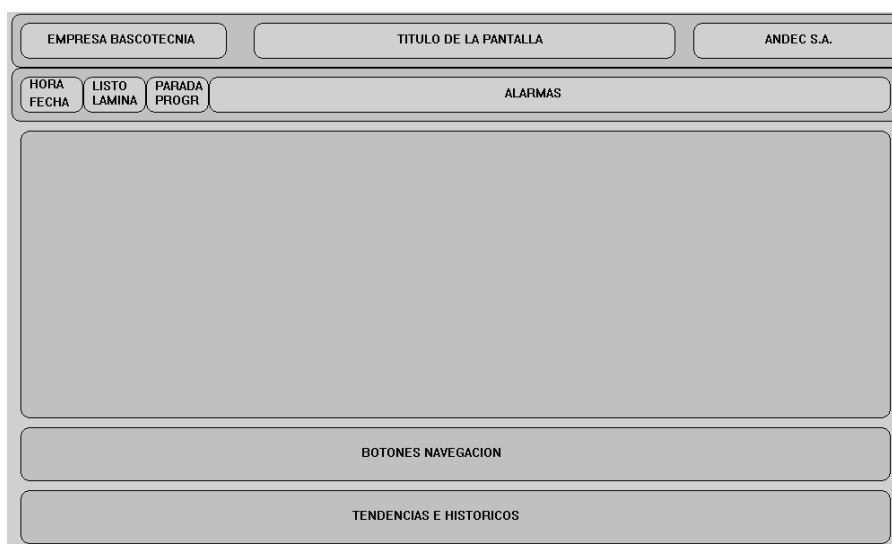


Figura 6.1.- Distribución Pantallas Bascotecnia.

Las pantallas de Bascotecnia presentan similitud entre ellas. La distribución se asemeja a los ejemplos de la Guía GEDIS de diseño de HMI. El diagrama a continuación muestra más detalladamente la distribución de la pantalla, junto con el lugar asignado para las alarmas, controles, esquematización del sistema y botones de navegación.

Los colores utilizados en las pantallas cumplen con la tabla de Diseño de Pantallas HMI de la guía GENIS que se muestra a continuación.

Tabla 6. 1

Tabla de colores Bascotecnia.

Fondos de Pantallas		
Item	Color	Descripción
Sinópticos de área y sub-área		Gris
Detalle de máquinas		Verde Oscuro
Menús y Analógicas		Gris Plata
Tabla de Sinópticos		Gris Plata
Estatus de Equipos de Proceso		
Equipo Parado		Gris
Equipo Trabajando		Verde
Equipo con Falla		Rojo
Alarmas		
Alarma Critica		Rojo
Alarma de Advertencia		Amarillo
Mensaje General		Azul Claro
Materiales de Proceso		
Gas combustible		Amarillo Claro
Aceite		Café Oscuro
Agua		Verde
Aire		Azul Claro

(Ponsa & Granollers, 2009).

6.1.3. NAVEGACION.

Utiliza la navegación mediante dispositivo apuntar y pulsar (point and clic) por lo que se descarta el uso excesivo del teclado. Los botones de navegación son

grandes y textuales por lo que evita la sobrecargar de gráficos en la pantalla. La figura a continuación describe como se puede navegar a través de las pantallas.

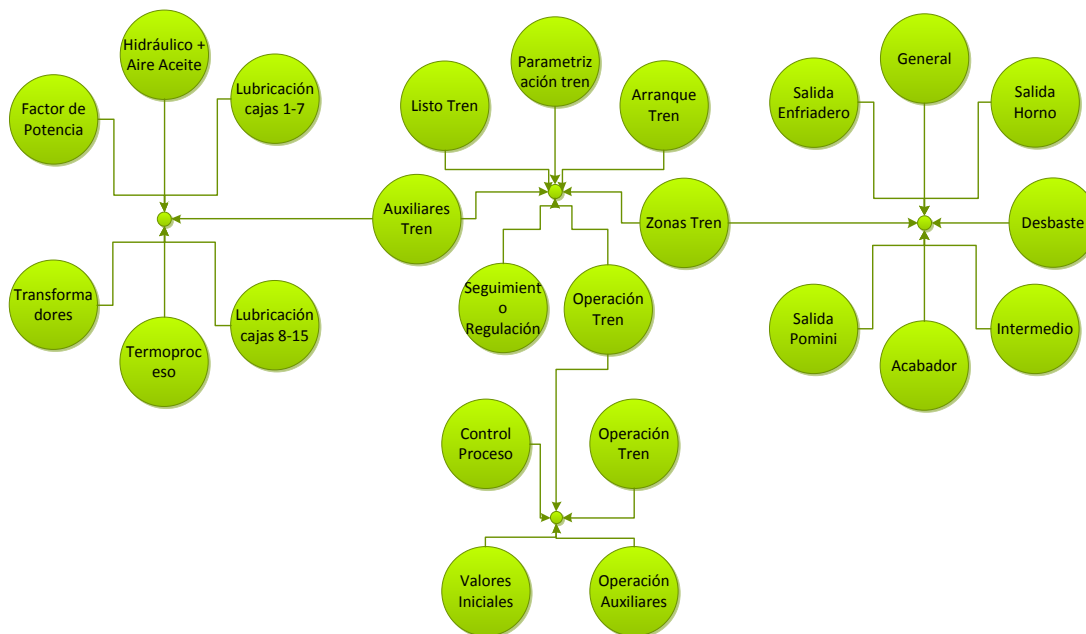


Figura 6.2.- Navegación Entre Ventanas Bascotecnia.

6.2. INTERFAZ HUMANO MÁQUINA DANIELI.

DANIELI no ha presentado un diseño o modelo de interfaz para los servicios auxiliares del tren Bascotecnia como parte de su actualización durante la compra de los equipos de las cajas 16 a la caja 21, sin embargo, se tomará como referencia el diseño de las pantallas HMI de la Planta de Agua de DANIELI para los procesos de Acería.

La planta de agua se divide en 4 sistemas. Estos sistemas son sistemas de redes de tuberías que distribuyen agua a distintos procesos del conformado de palanquillas a lo largo de la Colada Continua. Los cuatro sistemas manejan cuatro diferentes tipos de agua, que se almacenan en 4 piscinas independientes. Los cuatro sistemas son: sistema primario, sistema secundario, sistema terciario y sistema scal pit. Se mencionan estos detalles para la comprensión de la distribución, arquitectura y navegación de las pantallas de DANIELI.

6.2.1. ARQUITECTURA.

Cuenta con 10 pantallas (sin contar con las pantallas de activación de actuadores), y se puede acceder a todas estas desde cualquier pantalla. Maneja mucho los botones con iconos sencillos para identificar los sistemas. La confirmación de arranque de motores se los hace mediante una ventana tipo Pop up, que muestra todos los controles posibles dependiendo del motor o de la bomba.

A diferencia del HMI del tren Bascotecnia, la interfaz de DANIELI procura usar menos pantallas en su arquitectura y ocupa en menor cantidad texto para identificar las señales o alarmas. Su interfaz utiliza muchos iconos de aviso para señalar fallos en los sistemas o si estos están encendidos, dejando de lado el cambio excesivo de colores en los iconos de los actuadores. Para eliminar la sobrecarga de texto en la zona de alarmas como lo hace el sistema de Bascotecnia, se incorpora una ventana de indicadores y alarmas accesible desde un botón en la parte inferior de todas las pantallas.

Utiliza colores claros a acepción de tres (rojo, azul y verde), lo que genera una impresión más cómoda en cuanto al manejo de la interfaz. El acceso a las ventanas del HMI de DANIELI es sencillo. Las ventanas se describen a continuación.

Tendencias.

Esta sectorizado en recuadros que representan los sectores donde se encuentran los sensores y actuadores para de esta manera facilitar la búsqueda. AL dar clic en un recuadro, se ingresa a la pantalla de tendencias con los distintos valores de las señales de los sensores. Esta pantalla de gráfico cuenta con botones de configuración para la escala de la gráfica y botones para registrarla.

Tanques de agua.

Al dar clic en el ícono de Tanques de agua se abre una pestaña donde se pueden seleccionar los 4 sistemas diferentes (primario, secundario y sacale pit).

Sistema primario, secundario, terciario y sacale pit.

Contiene un esquema del sistema donde se puede visualizar el estado de las bombas, válvulas de las tuberías y niveles de agua en las piscinas. Cada sistema cuenta con su propia ventana, y en ellas se pueden accionar los diferentes elementos que los constituyen.

Filtros.

Contiene el esquema de los filtros junto con las tuberías y electroválvulas. En ella se puede visualizar la dirección de flujo de agua junto con la procedencia y dirección a donde se distribuye en los sistemas. Aquí se pueden poner en marcha los filtros para que estos realicen el ciclo de retro-lavado que elimina grasa y aceite del agua.

Sistemas generales.

Es una ventana de tipo pop up que muestra valores y estados generales de todos los sistemas de manera resumida (suministro eléctrico, fuentes de poder, listos generales de los sistemas, distribución de aire en la red, etc.).

Planta punto de ajuste.

Permite el ingreso de parámetros de control de cada sistema como los rangos de niveles de agua de las piscinas, flujo de agua que se entrega a los procesos, presiones de suministro etc.

Contadores de Consumo.

En esta ventana se muestra todos los datos relacionados a la administración del agua y energía de todos los sistemas. Mantiene un registro de cantidades de agua consumida, perdidas de volumen de agua tanto mensual como diario para poder llevar un registro.

Alarmas y Mensajes.

Las alarmas y mensajes muestran en una pantalla completa una lista donde se detalla la alarma o mensaje. Las alarmas más críticas se muestran de color rojo. Los mensajes son una lista que registra todo cambio en los elementos de los sistemas, estos mensajes pueden ser desde cambio de estado de electroválvulas hasta cambio de variables de control.

6.2.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS PANTALLAS Y COLORES.

DANIELI cuenta con su propio formato de pantallas, donde la estética y accesibilidad ha jugado un rol importante. El manejo fácil e intuitivo de la interfaz hace que no se requiera de un estudio prolongado de su funcionamiento, su uso depende de los conocimientos del proceso del sistema y no de la interfaz. Utiliza colores claros y suaves a excepción de las alarmas y advertencias, no son llamativas pero cuenta con ayudas visuales para determinar advertencias que puedan causar efectos no deseados en el proceso.

A continuación se indica un esquema general de la distribución de la pantalla, aparentemente no representa un cambio significativo con la interfaz de Bascotecnia, sin embargo, el uso de menos texto y colores más suaves producen un efecto agradable para el usuario.

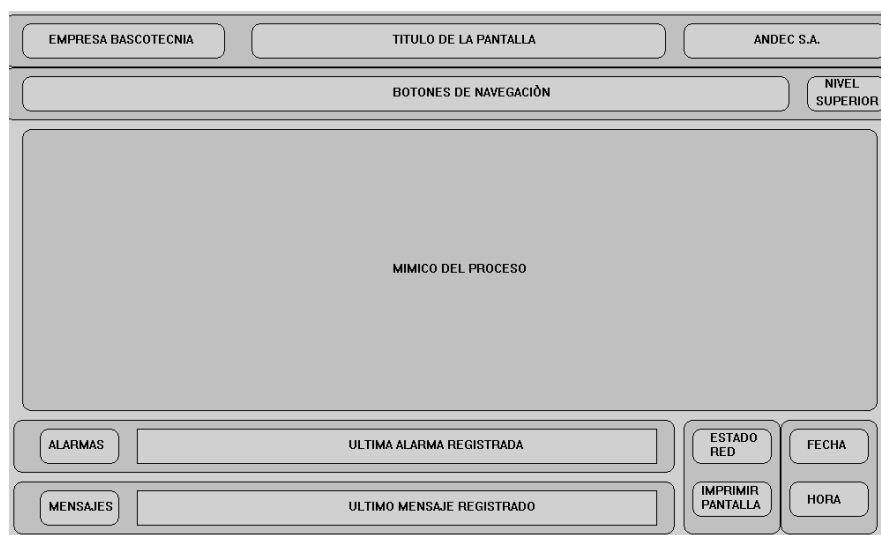


Figura 6.3.- Distribución Pantalla DANIELI.

En cuanto al uso de los colores, DANIELI usa casi el mismo formato, con unas pequeñas variaciones a la Guía GEDIS de diseño de HMI.

Tabla 6.2

Tabla de colores DANIELI.

Fondos de Pantallas		
Item	Color	Descripción
Sinópticos de área y subárea		Gris
Detalle de máquinas		Negro
Menús y Analógicas		Violeta Claro
Tabla de Sinópticos		Gris Plata
Estatus de Equipos de Proceso		
Equipo en Stan By		Azul
Equipo Trabajando		Verde
Equipo con Falla		Rojo
Alarmas		
Alarma Critica		Rojo
Alarma de Advertencia		Amarillo
Mensaje General		Azul Oscuro
Materiales de Proceso		
Gas combustible		Amarillo Claro
Aceite		Café Oscuro
Agua		Verde
Aire		Celeste

6.2.3. NAVEGACION.

La navegación se basa en una regla básica, acceder a cualquier ventana desde cualquier lugar donde se encuentre el HMI.

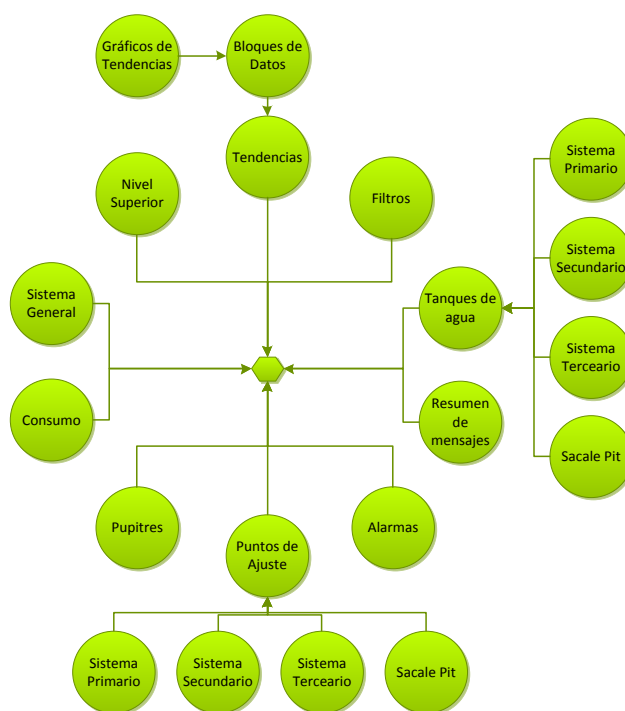


Figura 6. 4.- Navegación entre Ventanas DANIELI.

6.3. DISEÑO DE LA INTERFAZ HUMANO MÁQUINA.

Como se ha mencionado anteriormente, existen equipos y procesos completamente modernizados y automatizados tanto en el área de laminación como en el área de acería. Todo el diseño pertenece a DANIELI, empresa especializada en Fabricas Siderúrgicas.

Esta empresa ya cuenta con un diseño preestablecido de formato de pantallas HMI en cuanto a su arquitectura, distribución, navegación, colores, gráficos de tendencias, comandos de datos y alarmas, que permiten homogenizar los sistemas y la lógica de operación de sus procesos. Es por esta razón que las pantallas HMI diseñadas para los servicios auxiliares seguirán esta tendencia para hacer homogéneo a todas las interfaces hombre máquina, además de facilitar a los operarios la comprensión de la interfaz.

En el capítulo 5.2 se identificó las características del HMI de DANIELI que se usará adelante como guía de diseño además de la Guía GEDIS para diseño de HMI.

6.3.1. ARQUITECTURA.

La arquitectura seguirá la tendencia de DANIELI. Se podrá tener acceso a todas las ventanas desde cualquier ubicación del HMI y se minimizará el uso de texto colocando señales gráficas o cambios de color para indicar los estados de los actuadores y de los PML.

Los niveles de la arquitectura se basarán en la recomendación de la guía GEDIS que se muestra a continuación.

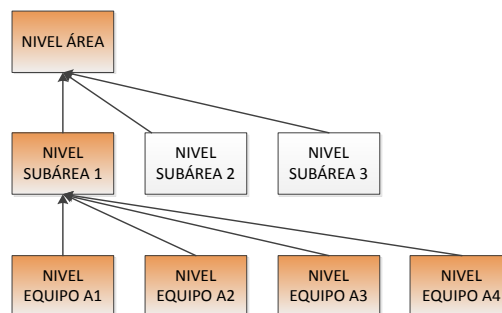


Figura 6. 5.- Arquitectura GEDIS. (Ponsa & Granollers, 2009)

Para los procesos de los servicios auxiliares se tienen 1 nivel de área que pertenece a los servicios auxiliares, y 5 subniveles de área (hidráulico, lubricación 1-7, lubricación 8-15, aire aceite y entrada al tren). Los niveles de equipo cuentan con una sola ventana de confirmación de marcha.

Para que la ventana reconozca la referencia del actuador seleccionado, al oprimir el botón de se genera un bit característico del actuador, que sirve para reconocer cual elemento debe activarse. El mapa de la arquitectura quedaría de la siguiente manera.

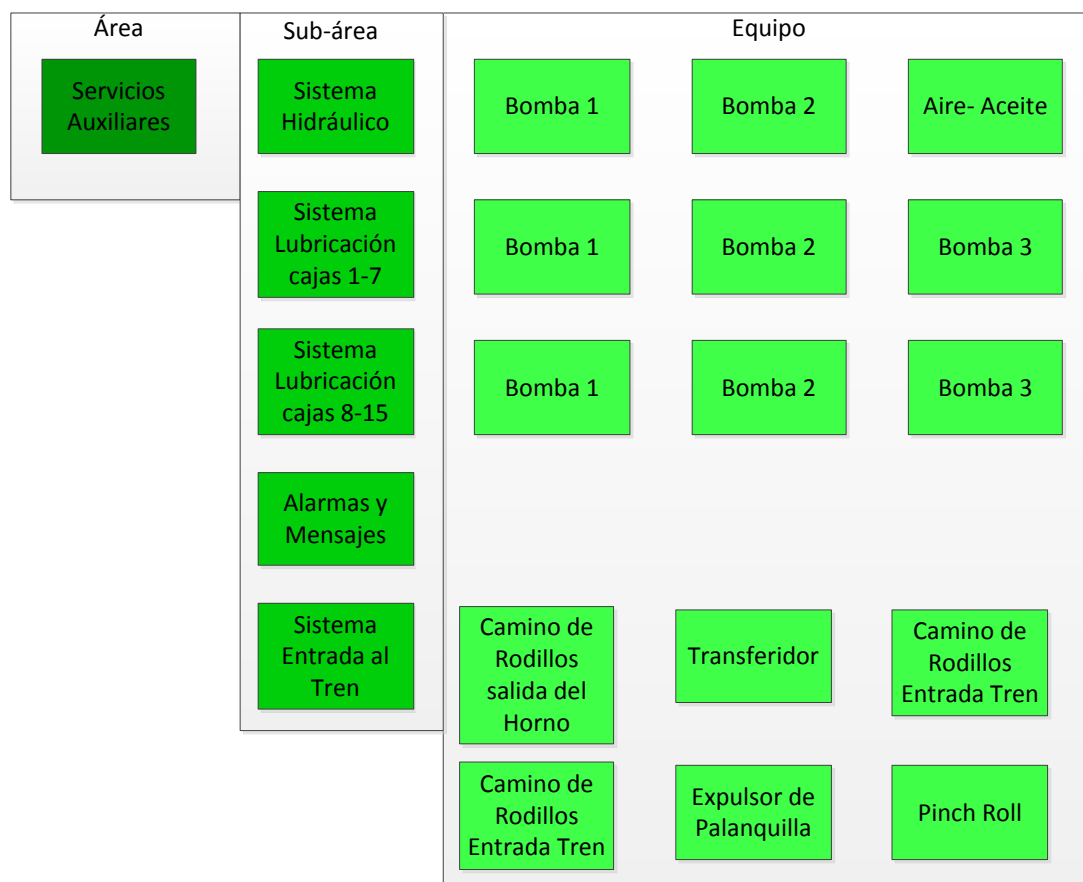


Figura 6.6.- Arquitectura Sistemas Auxiliares.

6.3.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS PANTALLAS Y USO DE COLORES.

En el desarrollo de una interfaz, se deben establecer las plantillas de las pantallas de sub-área, equipo, y confirmaciones de arranque. Como se indicó anteriormente, la ventana de confirmación de arranque es la misma para todos los actuadores, a excepción de un bit que indica el equipo con el que se está interactuando. Se indican a continuación las plantillas para estas tres ventanas.

Plantilla de la sub-área.

Conserva las características de las pantallas de DANIELI y su lógica de funcionamiento, sin embargo, se cambian algunos pequeños iconos por palabras para identificar los botones y algunos indicadores y botones de accionamiento dependiendo de las características del sistema, ya que en algunos casos se cuenta con

pocas ordenes lo que hace que el diseño no requiera otra ventana para la implementación de estos mandos.

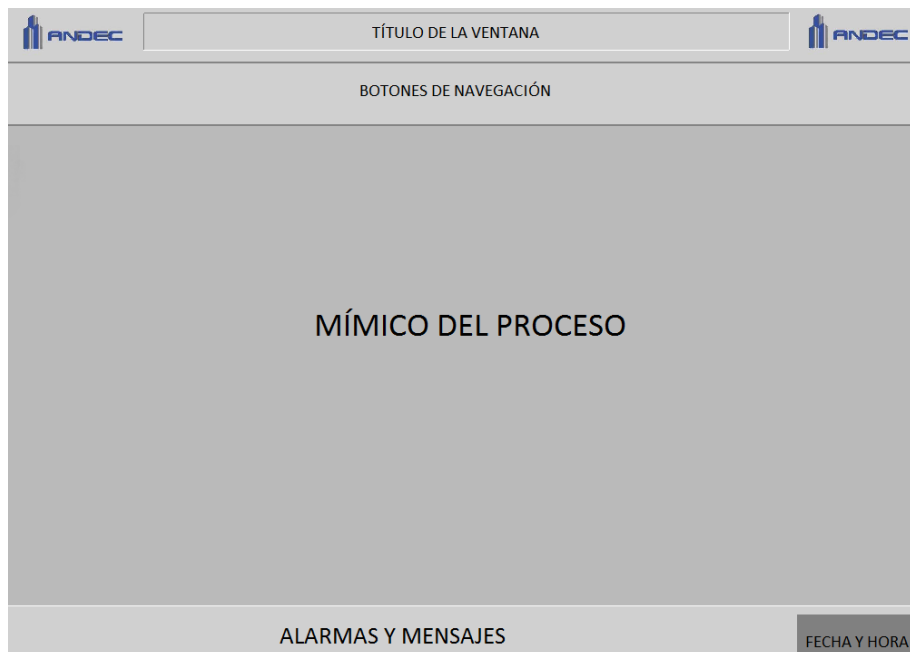


Figura 6.7.- Distribución Sub-Área Servicios Auxiliares.

Plantilla de Equipos.

En ella se colocan las opciones de prendido y apagado del sistema, junto con condiciones extras que algunos equipos presentan como selección de reserva.



Figura 6.8.- Distribución Equipos Servicios Auxiliares.

Plantilla de Confirmación.

Es una sola ventana que confirma el accionamiento o paro de cualquier actuador dentro de los sistemas auxiliares.

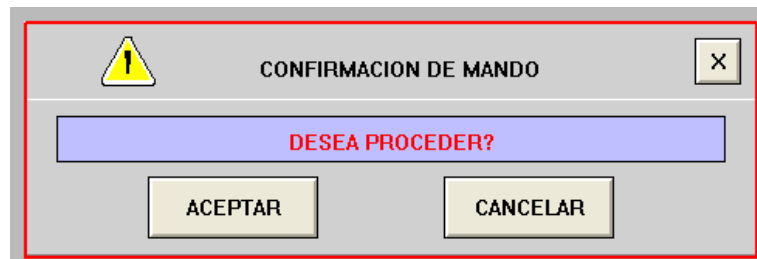


Figura 6.9.- Distribución Confirmación Marcha.

6.3.3. NAVIGACION.

Para mantener la estructura de DANIELI, las ventanas tendrán acceso desde cualquier ventana de sub-área del HMI. Las pantallas de los equipos, al recibir la orden de prender, apagar o colocar en reserva, automáticamente realizarán la acción y cerrará la ventana de equipo. Toda ventana de equipo, alarmas y confirmación de mando tendrá su respectivo botón que permitirá salir de la pantalla.

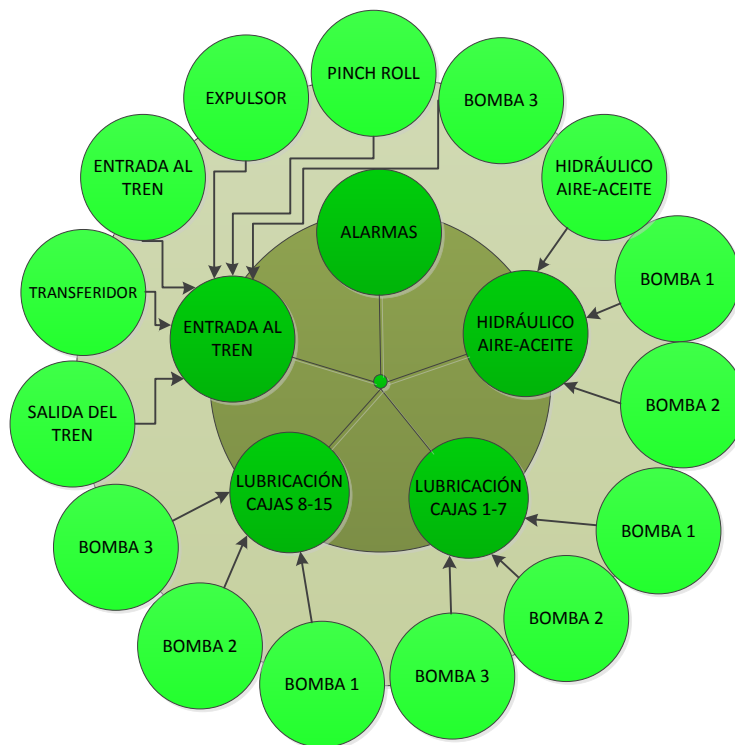


Figura 6.10.- Navegación Servicios Auxiliares.

6.3.4. USO DE LOS COLORES.

El color es uno de los factores más importantes al momento de diseñar una interfaz, su uso adecuado es determinante para la generación de una excelente interfaz.

En esta fase nos encargaremos de tomar en consideración las características más importantes que sugiere la guía GEDIS para estándares de colores.

- Color para representar el estado de los equipos de la planta.
- Colores de materiales principales y fluidos de proceso.
- Color de las alarmas.
- Color del texto en general.
- Colores del fondo de pantalla.

Es importante elaborar una buena selección de colores para evitar contradicciones o posibles inconvenientes con el usuario. Además se recomienda utilizar entre 4 y 7 en la pantalla, dependiendo de la experiencia del programador.

Para los colores de fondo de pantalla recomiendan las siguientes directrices:

- Usar colores neutros para el fondo de pantalla (gris, beige, arena).
- No usar blanco o negro ya que generan mucho resplandor.
- Evitar el uso de colores primarios o fuertes en zonas grandes de la pantalla.

(Ponsa & Granollers, 2009)

Mediante el uso de estas directrices se ha determinado la siguiente tabla donde se muestran los colores seleccionados.

Tabla 6.3**Colores de la pantalla de Servicios Auxiliares.**

Fondos de Pantallas		
Item	Color	Descripción
Sinópticos de área y sub-área		Gris
Detalle de máquinas		Negro
Menú		Violeta Claro
Estatus de Equipos de Proceso		
Equipo en Stan By		Azul
Equipo Trabajando		Verde
Equipo con Falla		Rojo
Alarmas		
Alarma Critica		Rojo
Alarma de Advertencia		Amarillo
Mensaje General		Azul Oscuro
Materiales de Proceso		
Aceite		Café Oscuro
Agua		Verde
Aire		Amarillo

6.3.5. GRAFICOS DE TENDENCIAS Y TABLAS.

En esta fase se definen los estándares de gráficos como símbolos e íconos que representen el estatus de los equipos así como los cambios de estado digitales (On/Off) de eventos que se requieren representar en la pantalla de proceso. Para este fin es importante recurrir a los estándares locales de manera que la simbología sea homogénea y fácil de reconocer y diferenciar por el operador.

Como directrices en la Guía GEDIS (Ponsa & Granollers, 2009), recomienda:

- Ser simples y cerrados, de tamaño suficientemente visibles.
- Se debe evitar detalles y realismo innecesario.
- Utilizar figuras geométricas simples para definir los símbolos del icono.

- Si es necesario, se puede reforzar la señalización del estado del equipo o evento con un texto que también lo indique.

La siguiente tabla indica los símbolos utilizados y su respectivo significado.

Tabla 6.4

Colores de la pantalla de Servicios Auxiliares.

#	Estado	Símbolo
1	Equipo listo	
2	Falla en el Equipo	
3	Control desde PML	
4	Temperatura Alta	
5	Temperatura Baja	
6	Nivel de aceite Bajo	
7	Requerimiento de Cambio de filtro	
8	Presión mínima a la salida	
9	Temperatura Máxima	
10	Filtro Sucio	
11	Presión alta en el Filtro	

6.3.6. COMANDOS E INGRESOS DE DATOS.

En esta fase de la metodología de la interfaz, se establecen las interacciones del operador al suministrar datos al sistema de manera que este se comporte de acuerdo a sus objetivos. Normalmente las operaciones que efectúe el usuario son: Ejecutar comandos, seleccionar opciones e ingresar datos de consignas y parámetros del proceso. Las características principales que deben tener los comandos son su visibilidad y su facilidad de operación. Para cumplir con estos dos requisitos es

imprescindible que su área de acción en la pantalla sea de buen tamaño, perfectamente etiquetada y por ello reconocible fácilmente por el usuario. (Ponsa & Granollers, 2009).

La pantalla de ingreso de datos o comandos se establece en pantallas específicas diseñada para este fin. El ejemplo de su distribución se encuentra en el apartado 5.3.3. Al ser comandos de arranque de actuadores fundamentales para las señales de condiciones de laminación, se ha diseñado la ventana de confirmación de mando, que permite realizar dos verificaciones de la decisión del usuario. Este representa una ventaja enorme en cuanto se refiere a accidentes donde por A o B motivo se haya pulsado el mando.

6.3.7. ALARMAS.

Las alarmas junto con la representación del estado de los equipos y de los valores analógicos del sistema constituyen los principales elementos con los que se informa al operador el estado de la planta. Las alarmas son muy importantes ya que informan al operador sobre las situaciones anómalas que se presentan en un proceso e implican una intervención de él. En caso de que exista una situación informativa que no requiera una intervención del usuario, entonces será definido con un mensaje en vez de una alarma.

Las alarmas y mensajes deben clasificarse por prioridad dependiendo su criticidad.

Criticas: Las cuales amenazan la seguridad de la planta o que pueden determinar el paro de producción.

Advertencias: Las cuales se pueden convertir en situaciones potencialmente criticas después de un tiempo si el evento que origino la advertencia continúa empeorando el estado del equipo. Se pueden considerar también las advertencias cuando se presenta alguna situación que afecta negativamente la conducción de la producción.

Mensaje: eventos que conviene transmitir al usuario u operador pero no representan una amenaza a la conducción del equipo, a la producción o seguridad de la planta. (Ponsa & Granollers, 2009).

Las directrices tomadas en consideración para determinar las alarmas son:

- Los mensajes y las alarmas deben ser congruentes con los estándares de color.
- Se debe evitar el exceso de alarmas, a menos que se utiliza algún medio ordenado de mostrarlas.
- El código de colores de alarmas debe complementarse con otros elementos como un ícono, la visibilidad de un texto, su posición en la pantalla o un sonido.

6.3.8. EVALUACION DE LA INTERFAZ.

Se realizó una evaluación a operarios de planta sobre las pantallas, y se dio a aclaro los términos de calificación del mismo.

Para la evaluación de la interfaz, se ha tomado el formato de evaluación de la Guía GEDIS, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 6.5

Resultados Evaluación HMI

Elemento	Evaluación	Comentario
1.- Arquitectura		
1.1 Correspondencia con la planta	3	No se estructura tal cual es la planta
1.2 Numero de capas	5	
2.- Distribución		
2.1 Consistencia	5	
2.2 Densidad	5	
2.3 Simetría y balance	4	
2.4 Flujo del Proceso	4	
3.- Navegación		
3.1 Correspondencia a la arquitectura	5	
3.2 Accesibilidad	5	
3.3 Consistencia	4	

4.- Uso de color			
4.1	Visibilidad	3	
4.2	Contraste de Fondo	4	
4.3	Numero de colores	4	
	4.4 Diferencia entre colores	4	
4.5	Uso de colores Primarios	3	Usa mucho el amarillo
4.6	Consistencia	4	
5- Valores de proceso			
5.1	Visibilidad	4	
5.2	Ubicación	4	
5.3	Distribución	3	
5.4	Agrupaciones de Datos	4	
5.5	Consistencia	4	
6.- Comando e ingreso de datos			
6.1	Visibilidad	5	
6.2	Maniobrabilidad	5	
6.3	Retroalimentación	4	
6.4	Consistencia	5	
7.- Alarmas			
7.1	Visibilidad de la ventana Alarmas	4	
7.2	Accesibilidad de la ventana alarmas	5	
7.3	Ubicación de la ventana alarmas	4	
7.4	Información de los textos de alarma	2	No especifica el problema
7.5	Consistencia	3	Falta información de la falla
Evaluación Total:		3,8	

CAPITULO VII

DISEÑO DE LA RED

7.1. RED EN ANDEC S.A.

La red en ANDEC S.A. usa una red industrial como cualquier otra, se encuentra en la cima de la red el área local que da las consignas de producción a las siguientes capas de la red, conectada con los controladores, donde operan diferentes sistemas y se encuentran sistemas de control especializado, autómatas programables, por último se encuentra el nivel de campo donde se encuentran los sensores y actuadores, se aprecia que los distintos niveles se comunican entre sí, aunque se implementen en cada nivel distintas soluciones de comunicación.

La red industrial de ANDEC S.A. permite el control distribuido de los sistemas de automatización.

Empezando con el nivel de campo, se tienen a todos los actuadores y sensores conectados desde planta hasta la sala eléctrica principal, donde todos, sin excepción son entradas o salidas de PLC, como ya se mencionó en el capítulo IV, el PLC que se diseña en este proyecto recibe todas estas señales directamente, no así son las señales de los PML, estos empezarán siendo parte de una periferia descentralizada, ya que las entradas están dadas por pulsadores y selectores, las salidas serán pilotos luminosos que indican el estado de cada caja.

Para el acoplamiento del proyecto con la empresa, se debe tener muy en claro como es la red actual de laminación en ANDEC S.A., se tiene el PLC System, el 10PLC, el 20PLC, el 40PLC y anudado a estos se tienen los HMI que gobiernan el horno, el tren Bascotecnia, el tren DANIELI, los procesos auxiliares descritos anteriormente, entre otros procesos como son el tempcore, etc.

7.2. PROFIBUS

Para continuar con el desarrollo del proyecto de debe entender de manera clara cuales son las principales características, funciones y modos de uso del PROFIBUS, A continuación una breve descripción acerca de lo que es y qué ventajas presenta.

La comunicación aparece en tres niveles, Nivel de sensores y actuadores, las señales son transmitidas desde los sensores o enviadas a los actuadores por cableado desde el controlador que los gobierna; el nivel de campo, este nivel une lo que son las diferentes señales con el autómata programable, ya sea usando transductores o periferias de entradas y salidas, etc., dentro de lo que es comunicaciones el PROFIBUS maneja alarmas, parámetros y datos de diagnóstico; por último se tiene el nivel de célula, estos conectan controladores que contienen grandes grupos de información entre sí.

Para comprender aún más la comunicación que ofrece el PROFIBUS, se describe a continuación las características generales que encontramos:

- Dispositivos maestros y esclavos, los maestros son los que controlan mientras que los esclavos son la periferia que se limita solamente a transmitir información.
- Existen 5 tipos de datos que se transmiten por esta vía de comunicación:
 - Datos de entrada y salida.
 - Funciones de diagnóstico y verificación.
 - Configuración de dispositivos.
 - Programas entre los controladores.
 - Parámetros de control.
- Es un sistema abierto, no pertenece a ninguna compañía, existe un comité de estandarización, lo que permite comunicar por este medio a varios dispositivos de diferentes marcas.

Para concluir esta breve explicación, el PROFIBUS posee tres perfiles que son protocolos de comunicación según la aplicación tanto para alta velocidad como para grandes cantidades de direccionamiento:

- Profibus DP (Decentralized Periphery), para el control distribuido. Diseñado para la comunicación entre sistemas de control automático y entradas y salidas distribuidas o remotas en campo.

- Profibus PA (Process Automation), automatización de procesos. Permite que tanto sensores como actuadores sean conectados en una línea de bus, es decir, que todos los sensores y actuadores se hayan conectados en la misma red profibus.
- Profibus-FMS (Field Message Specification), especificaciones de los mensajes en el bus de campo, se trata de una serie de tareas de comunicación, de propósito general, en el nivel de comunicaciones de célula.

Para el caso de ANDEC S.A. el Profibus PA sería el ideal para realizar las comunicaciones ya que por las condiciones de trabajo extremas que se tiene, ayudaría de manera importante a lo que es el mantenimiento, control de fallos, etc., pero al ser una empresa antigua, se tiene un ramal de cables que van del campo a los tableros.

Es por este motivo que se utiliza el profibus DP, este permite tomar las señales que se obtienen del campo directamente, por lo que es la forma más sencilla de comunicar estas señales e implementarlas en el estado actual de la empresa.

7.3. Ethernet

Es la tecnología de LAN más usada en la actualidad; implementada originalmente en XEROX en 1970 y estandarizada en 1983, existen varios tipos de transmisión, como la bandabase o la broadband, a la vez que esta transmisión posee de varias velocidades, la de 10Mbps “Ethernet Original”, 100 Mbps “Fast Ethernet”, 1000 Mbps “Gigabit Ethernet” y la más moderna 10000 Mbps “10 Gigabit Ethernet”.

Usualmente se utiliza como medio de transmisión el cable coaxial delgado y grueso, cable UTP o fibra óptica monomodo y multimodo, además, puede ser configurado en diferentes topologías, Lineal, de espina, de árbol y segmentada.

7.4. Red del Proyecto

Ya que ANDEC S.A. tiene armada una red PROFIBUS compleja, como se explica en el capítulo 5, se opta por este como el sistema de comunicación para el

PLC, se tiene como maestro de clase 1 al CPU414-3 (CPU que permite conexión con PROFIBUS), se lo llama de clase 1 debido a que intercambia datos con los esclavos DP cíclicamente, dentro de este se encuentra el programa principal.

El primer nodo que se encuentra en el proyecto es en el esclavo IM153-2 high feature, para ET-200M, este dentro de la red es un esclavo DP, seguido de otro IM153-2 high feature, ambos cumpliendo la misma función, intercambio de datos de usuario con el maestro DP, cuando este ha cargado su configuración, tiene permitido interrumpir para información de diagnóstico local he interrumpir al maestro DP estos serán los nodos 16 y 17 respectivamente.

Seguido a esto se tienen 4 nodos más en la red, que son los PML descritos en el capítulo V, estos poseen módulos IM 151 para ET-200S, llamados nodos 18, 19, 20 y 21, llevando información de los pulsadores y selectores que se desea mover y recibiendo información directa del PLC para apreciar el estado actual de las cajas a lo largo de todo el tren de laminación.

Se tiene por último el CPU que posee el HMI, este será conectado por Ethernet en un Router que se encuentra actualmente en el tablero del 20 PLC.

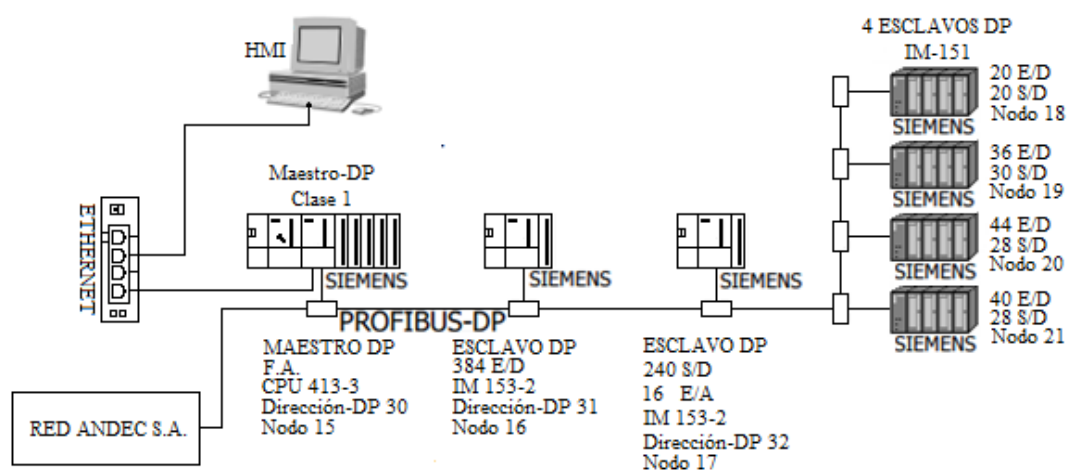


Figura 7. 1.- Red final de proyecto. (Fuente: Autores).

Se incluyó para esto un módulo 6ES7 964-2aa04-0ab0 que es un módulo acoplable en el CPU S7-400, sirve para aumentar un lugar de PROFIBUS DP, para

realizar las conexiones necesarias entre CPUs maestros y la demás periferia descentralizada.

Los cables usados como ya se los describió en el capítulo de hardware, serán para el PROFIBUS con el código 6XV1830-0MH10 el conductor SIENOPYR FR de SIEMENS, en total 300 metros, para todas las conexiones profibus del proyecto.

Para la red ethernet se utilizará 80 metros de cable UTP, lo que no necesita de repetidor y el conector será el Jack JR45.

Para realizar la comunicación completa entre el PLC y el HMI, se utiliza el DAServer, que es el encargado de realizar el protocolo de comunicación entre el HMI y el PLC a instalar, debido a que no se podrá poner esto en la práctica, se describe más detalladamente en el capítulo VIII en la simulación del proyecto, cuantas variables son las que se compartirán con el PLC.

Se adjunta en los anexos los esquemas eléctricos de la red.

CAPÍTULO VIII

SIMULACIÓN DEL CODIGO DE PROGRAMA CON LA INTERFAZ HMI

8.1. COMUNICACIÓN ENTRE PLCSIM Y WONDERWARE INTOUCH.

El tipo de comunicación que usaremos en el proyecto se basa en ETHERNET, por lo que el programa del simulador deberá ser configurado para representar un PLC con dirección establecida. Para esto nosotros configuramos el equipo desde donde se configura el hardware con el programa Administrador Simatic que cargará los datos del sistema en el PCLSim. Por cuestiones prácticas, se lo configurará para el PLC S7-315, con modulo Ethernet y sin entradas ni salidas de campo, ya que estas serán remplazadas por memorias del sistema que permitirán el uso del comando Recablear. La configuración se la hace de este modo.

Accedemos a Administrador Simatic, le damos clic en hardware y se nos presentará la siguiente ventana.

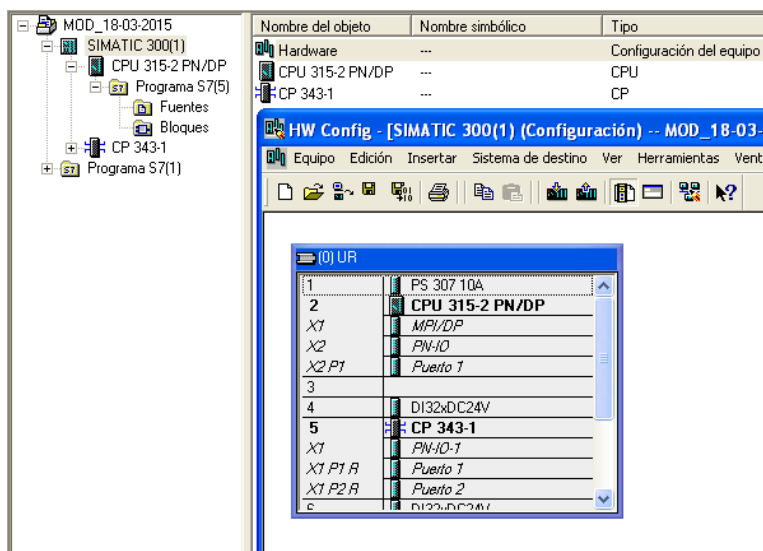


Figura 8. 1.- Hardware de simulación.

En ella configuramos el equipo y añadimos el módulo de comunicación Ethernet y dando doble clic al módulo CP PN-IO-1, configuramos la dirección IP que en este caso será 192.168.0.1.

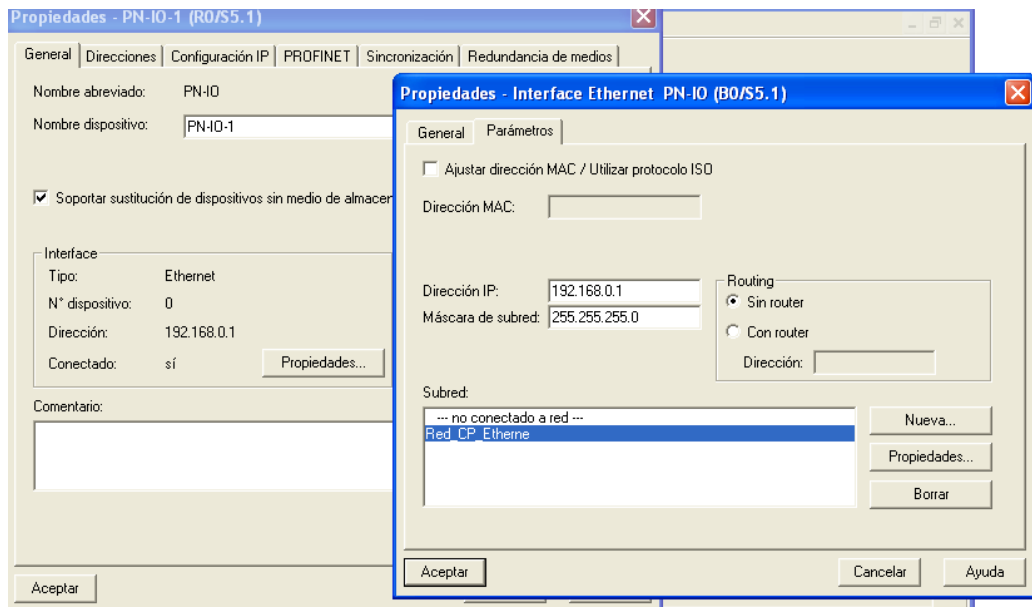


Figura 8.2.- IPs de simulación.

Luego procedemos a guardar los cambios realizados, y regresaremos a la ventana anterior donde ya se encuentra nuestro código de programación. En el abriremos el PLCSim para cargar la configuración con el botón Activar/Desactivar simulador.

Se nos abrirá el programa del PLCSim, cargamos el código de programación con el botón Cargar, y se configura el simulador con las especificaciones del hardware automáticamente quedando a la vista la dirección IP en la parte inferior izquierda.

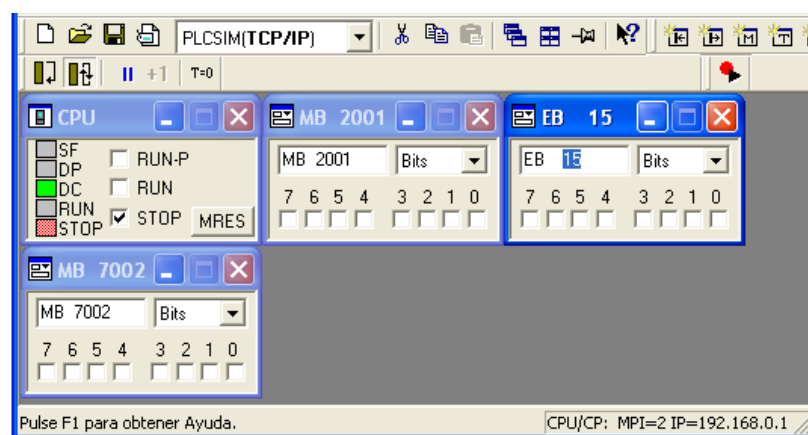


Figura 8.3.- PLCSim.

Ahora se configurará el DASServer para el intercambio de datos como en un PLC físico. Para ello abrimos el programa System Management Console (SMC) y en el costado izquierdo configuraremos la comunicación.

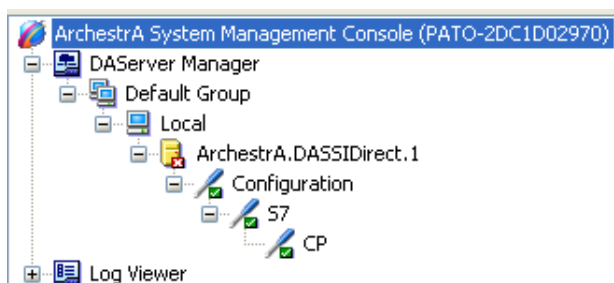


Figura 8.4.- DASSIDirect Server.

En local podemos ver el Archestra DASSIDirect, donde configuraremos al programa y crearemos un S7P Object y un CP. Quedando la configuración de la siguiente manera:

Configuración: Aquí se especifican la velocidad de intercambio de datos y los datos que se compartirán.

Device Group Update Interval (msec):	<input type="text" value="100"/>	Enable/Disable <input type="checkbox"/> Case Sensitive <input type="checkbox"/> Device Group Cache <input type="checkbox"/> Simulation Mode <input checked="" type="checkbox"/> System Items <input checked="" type="checkbox"/> Unique Device Groups
Slow Poll Interval (msec):	<input type="text" value="60000"/>	
Transaction to Subscription Ratio:	<input type="text" value="2"/>	
Transaction Message Timeout (msec):	<input type="text" value="60000"/>	
Server Protocol Timer (msec):	<input type="text" value="50"/>	
Diagnostic Backlog Size:	<input type="text" value="20"/>	
Maximum Queued Transactions:	<input type="text" value="75"/>	
Maximum Queued Updates:	<input type="text" value="1"/>	
DDE/SuiteLink Timer Tick (msec):	<input type="text" value="50"/>	
Poke Mode:	<input type="text" value="Optimization Mode"/>	

Figura 8.5.- Configuración DASSIDirect Server.

S7: Se establecerá con comunicación TCP/IP Ethernet.

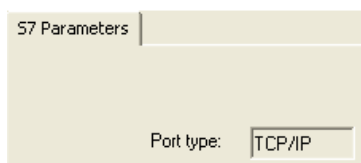


Figura 8.6.- Configuración S7.

CP: Se configura la dirección de la PC, el rack y el slot del módulo y la CPU.

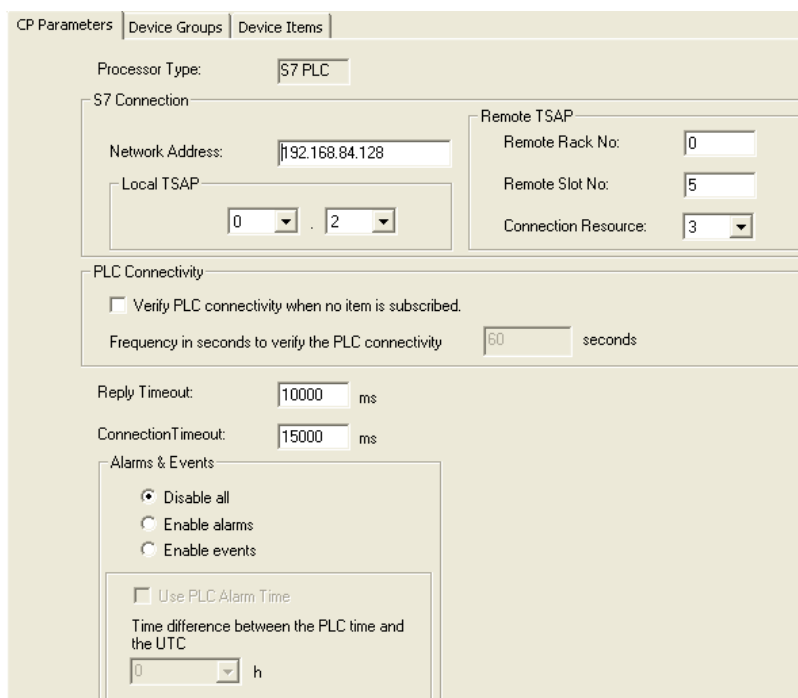


Figura 8.7.- Configuración CP.

En la pestaña Device Grups se configurará el nombre de tópicos para acceder desde el access name de Intouch.

Name	Update Interval (ms)
Topic_0	100

Figura 8.8.- Configuración Device Groups.

En Device Items Colocaremos todos los Tags que se compartirán. A estos tags se les dio el mismo nombre con los que se les conoce en el programa de Step 7 en la programación escalera. Solo se compartirán las variables que tienen las direcciones 2000 y 9000, que fueron preestablecidas como datos de comunicación con el HMI.

Name	Item Reference
OP_HCO_FALLO_B1	MX2000.7
OP_HCO_MARCHA_B1	MX2000.5
OP_HCO_PML_LOC_REM	MX2000.1
OP_HCO_RVA_B1	MX2000.6
OP_HCO_RVA_B2	MX2001.2
OP_SOL_HCO_LOC_REM	MX2000.0
OP_SOL_HCO_MARCHA	MX2000.3
OP_SOL_HCO_PARO	MX2000.4
OP_SOL_HCO_RVA_B1	MX2000.2
OP_SOL_HCO_RVA_B2	MX2001.0

Figura 8.9.- Configuración Device Items.

Se guardan los cambios y se activa el Archestra.DASSIDirect.1, para empezar con el intercambio de datos. Luego se abrirá el programa que permitirá al HMI identificar al Simulador como un PLC físico. En el programa Nettoplcsim, se procede a configurar las direcciones del IP de la computadora y del IP del PLC.

Al abrir el programa se pedirá detener un programa que está usando el puerto 102, para poder usarlo con el Nettoplcsim, aceptamos y continuamos normalmente con la configuración dando clic en el botón ADD, tal como se muestra en la figura

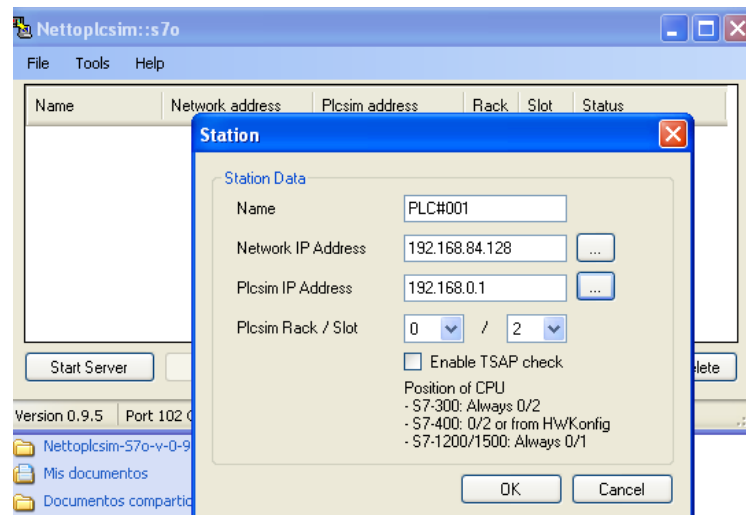


Figura 8.10.- Configuración Nettoplcsim.

Como se puede observar, la IP del equipo es 192.168.84.128, y la del PLC es 192.168.0.1, damos clic en OK y luego en Start Server. Por ultimo configuraremos el Access Name en Intouch como se muestra en la siguiente figura.

Figura 8.11.- Configuración Access Name Intouch.

Damos Ok y empezamos a ligar los tags con los nombres respectivos asignados en el Archestra DASSIDirect, para que los identifique a cada uno. A continuación se indica la forma de hacerlo con uno de los tags.

Figura 8.12.- Enlace de tags con el Access Name.

Se puede observar que el Nombre del Item corresponde al asignado en el Device Items. Una vez hecho esto, se ligan las variables entre el PLCSim y el HMI de Intouch.

8.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Ya ligados los tags a las variables de comunicación con el HMI del PLC, se procede a internarse al funcionamiento del programa y su respuesta. En esta sección se contendrá una tabla de especificaciones que debe cumplir el programa para confirmar que el mismo está funcionando correctamente. Para ello se ha decidido hacerlo en los sectores siguientes:

- Sistema Hidráulico.
- Sistema Lubricación Cajas 1-7.
- Sistema Lubricación Cajas 8-15.
- Movimientos Cajas 1-7.
- Movimientos Cajas 8-15.
- Movimientos Entrada al Tren.
- Sistema Aire-Aceite.

Las tablas contendrán las variables que deben estar activadas para que de paso a la ejecución de la acción, como encendido y apagado de equipos, alarmas y alertas de seguridad, permitiendo verificar que las condiciones se encuentren a los parámetros funcionales de los servicios auxiliares del sistema.

Para conocer que bit de memoria representa cada señal que se indica en las figuras de este capítulo, revisar los documentos de Sensores y actuadores, señales y memorias del archivo Excel que se encuentra como anexo.

8.2.1. SIMULACIÓN DEL SISTEMA HIDRAULICO.

El Sistema Hidráulico debe cumplir las secuencias de funcionamiento descritas a continuación las cuales fueron sometidas a prueba obteniendo los siguientes resultados.

Mando Local:

El encendido de las bombas debe activarse siempre que no exista ninguna anomalía (temperatura alta del aceite, temperatura baja, filtro sucio o nivel bajo de la central) mediante los bits de entrada digital E25.0 y E25.2 como indica en la figura 8.12 apartado 1. Si las bombas ya están encendidas y aparece una anomalía (temperatura alta E70.0) figura 8.12 apartado 2, las bombas no se apagan, pero cuando estas se detienen por orden del HMI o manual, no pueden encender de nuevo hasta que se corrija el problema, figura 8.12 apartado 3 y 4.

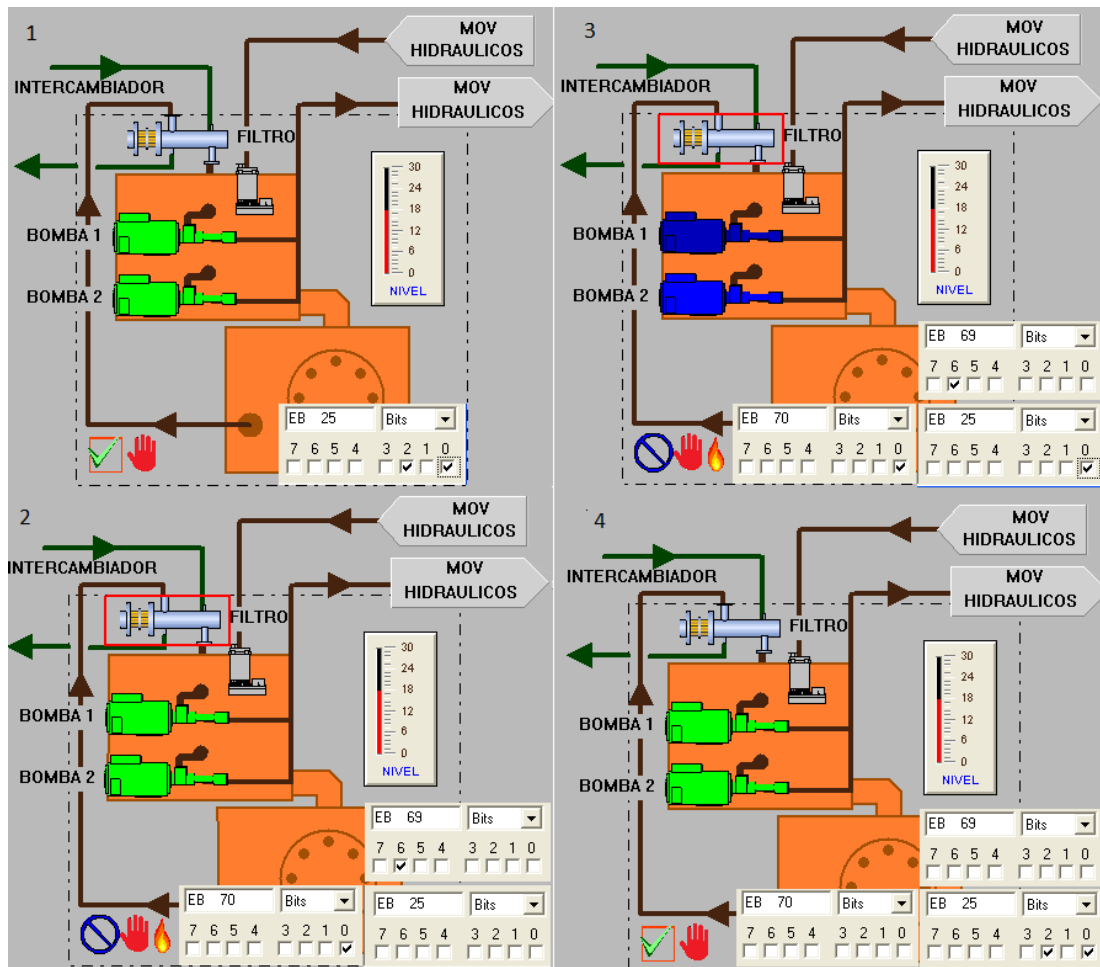


Figura 8. 13.- Prueba manual encendido de bombas HCO.

La figura 8.12 muestra la reacción de la simulación según las entradas activadas desde el PLCSim, los recuadros muestran los bits que se activan o activaron como respuesta a la acción.

Modo Remoto:

La descripción del funcionamiento del sistema en Mando Remoto: Para encender una de las bombas debe primero estar ya establecida la bomba en reserva. Si se presenta una anomalía mientras el sistema está en marcha, este sigue funcionando normalmente, pero si las bombas están apagadas y hay anomalías, estas no deben prenderse hasta corregir el problema. Durante todo el momento que las bombas se encuentren encendidas, se iniciará un contador de tiempo que indica los valores del periodo en encendido desde la última conexión y uno que acumula el total de tiempo

desde que se ha encendido el PLC. La tabla 8.1 describe los bits que interactúan junto con las acciones que realizan.

Tabla 8. 1

Simulación Sistema Hidráulico

Sistema Hidráulico				
#	Acción	Señales que deben estar activas	Señales que se Activan	Funcionamiento
1	Solicitud de HCO en Local o remoto M2000.0	Ninguna	M2000.1: Señal de PML en Local	Correcto
			A10.0: Hidráulico Tren en Local	Correcto
2	Solicitud de Bomba 1 en reserva M2000.2	Ninguna	M7002.0: Marca Interna B1 en reserva	Correcto
			M2000.6: Confirmación bomba 1 en reserva	Correcto
3	Solicitud de arranque grupo HCO M2000.3	M2000.1: Negado Señal de PML en Local M7002.1: B2 en reserva	M7002.4: Marca Interna marcha Bomba 1	Correcto
			A8.0: Marcha Bomba 1	Correcto
			M2000.1: Negado Señal de PML en Local	Correcto
			M7002.5: Marca Interna marcha Bomba 2	Correcto
4	Solicitud de paro del HCO	M2000.1: Negado Señal de PML en Local	M7001.4: Condiciones Iniciales para arranque Bomba 1	Correcto
			A8.1: Marcha Bomba 2	Correcto
			M2000.1: Negado Señal de PML en Local	Correcto
			M7002.0: B1 en reserva	Correcto
5	Solicitud de Bomba 2 en reserva M2001.0	Ninguna	M7001.5: Condiciones Iniciales para arranque Bomba 2	Correcto
			A8.1: Marcha Bomba 2	Correcto
			M7002.0: Negado Marca Interna Bomba 1 en reserva	Correcto
			M7002.1: Marca Interna Bomba 2 en reserva	Correcto

8.2.2. SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN CAJAS 1-7.

Modo Local:

En mando local, las bombas se pueden prender indiferentemente de una secuencia preestablecida en funcionamiento remoto (figura 8.13 literal A), sin embargo, si estas presentan una alarma mientras estén encendidas, no se apagan (figura 8.13 literal B) a menos que se lo haga manualmente, y al encenderlas de nuevo, estas no se energizarán hasta corregir la alarma (figura 8.13 literal C y D).

Se podrán encender las tres bombas a la vez de manera manual, y sea cual sea el orden de encendido que escoja el operario, las bombas deben esperar unos segundos para arrancar después del arranque de cualquiera que fuera encendida anteriormente.

Si el sistema presenta niveles mínimos de aceite en el reservorio, mandará a apagar el sistema automáticamente, y el operario no podrá arrancar manualmente hasta que pasen 3 minutos después de corregido el problema.

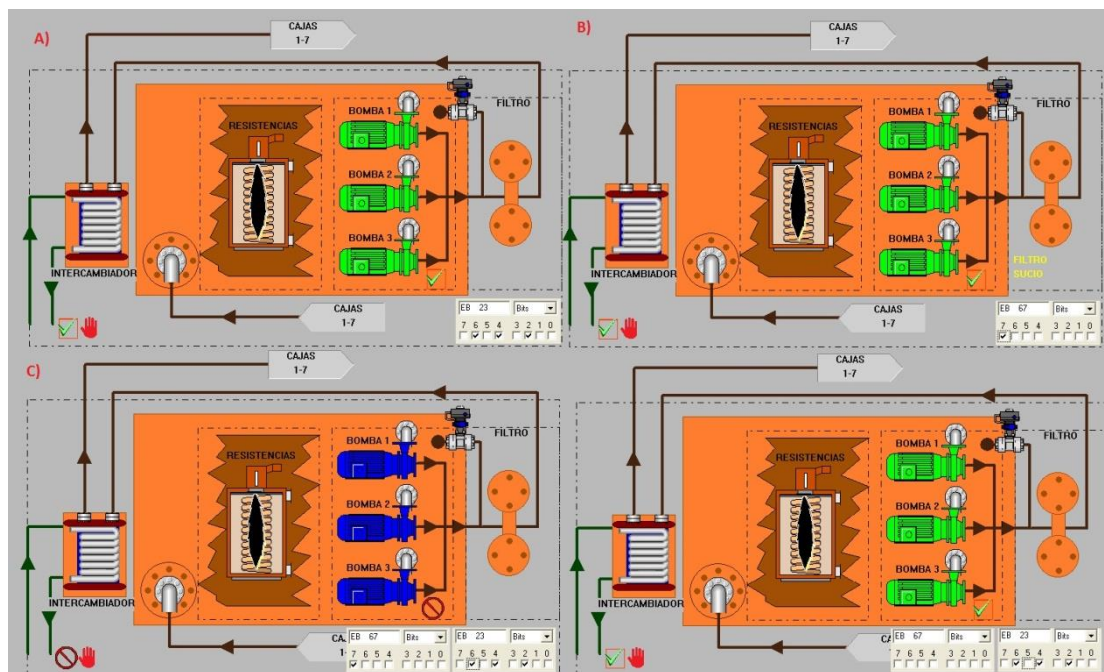


Figura 8. 14.- Prueba manual encendido de bombas LUB1.

La figura 8.12 muestra la reacción de la simulación según las entradas activadas desde el PLCsim, los recuadros muestran los bits que se activan o activaron como respuesta a la acción.

Modo Remoto:

Descripción del funcionamiento del sistema en mando remoto: Debe seleccionarse una de las bombas en reserva, la cual entrará a funcionar en el caso de que una de las bombas principales fallara en arrancar. Para que la bomba en reserva arranque después de que falle un de las principales, se debe parar la central y bombar a encenderla. Al momento de seleccionar la bomba en reserva automáticamente se direccionan los tiempos de arranque a las bombas que se encenderán. El sistema tiene señalización para determinar los modos en los que se encuentra y además cuenta con luces indicadores de encendido o apagado del sistema. La tabla 8.2 indica los bits que interactúan en el sistema HMI de Lubricación cajas 1-7.

Tabla 8. 2

Simulación Sistema Lubricación Cajas 1-7.

Sistema de Lubricación Caja 1-7				
#	Acción	Señales que deben estar activas	Señales que se Activan	Funcionamiento
1	Función Laminación M2002.3	Ninguna	M7003.4: Habilitador	
			M7003.7: Negado	
2	Solicitud Marcha M2015.0	M7003.5: Negado Local remoto	M7004.1: Marca Interna marcha grupo	Correcto
			M7007.7: Vigilancia de arranque secuencia	Correcto
			A6.4: Marcha Bomba 1 Secuencia	Correcto
			A6.5: Marcha Bomba 4 Secuencia	Correcto
			A6.6: Marcha Bomba 3 Secuencia	Correcto
3	Solicitud Local remoto M2002.4		M7003.5: Enclavamiento Local Remoto	Correcto
4	Solicitud Paro M2002.5	M7003.5: Negado Local remoto	M7004.1: Negado Marca Interna marcha grupo	Correcto
			M10000.5: Negado Auxiliar programación	Correcto
			M7007.7: Negado Vigilancia de arranque secuencia	Correcto
			A6.4: Negado Marcha Bomba 1 Secuencia	Correcto
			A6.5: Negado Marcha Bomba 4 Secuencia	Correcto
			A6.6: Negado Marcha Bomba 3 Secuencia	Correcto

Tabla 8. 3

Simulación Sistema Lubricación Cajas 1-7.

Sistema de Lubricación Caja 1-7				
5	Solicitud Bomba 1 reserva M2003.1	M2002.7: Confirmación paro del grupo	M7006.4: Marca Interna Bomba 1 en reserva	Correcto
			M7006.5: Negado marca interna Bomba 2 reserva	Correcto
			M7006.6: Negado marca interna Bomba 3 reserva	Correcto
			M7006.7: Primera reserva Bomba 3	Correcto
		M7003.5: Negado Local remoto	M7007.0: Negado Primera reserva bomba 2	Correcto
			M7007.1: Negado Primera reserva Bomba 1	Correcto
			MW15000= 4 segundos	Correcto
			MW15004= 0 segundos	Correcto
			MW15008= 2 segundos	Correcto
6	Solicitud Bomba 2 reserva M2003.2	M2002.7: Confirmación paro del grupo	M7006.4: Negado Marca Interna Bomba 1 en reserva	Correcto
			M7006.5: Marca interna Bomba 2 reserva	Correcto
			M7006.6: Negado marca interna Bomba 3 reserva	Correcto
			M7006.7: Negado Primera reserva Bomba 3	Correcto
		M7003.5: Negado Local remoto	M7007.0: Negado Primera reserva bomba 2	Correcto
			M7007.1: Primera reserva bomba 1	Correcto
			MW15000= 2 segundos	Correcto
			MW15004= 4 segundos	Correcto
			MW15008= 0 segundos	Correcto
7	Solicitud Bomba 3 reserva M2002.3	M2002.7: Confirmación paro del grupo	M7006.4: Negado Marca Interna Bomba 1 en reserva	Correcto
			M7006.5: Negado Marca interna Bomba 2 reserva	Correcto
			M7006.6: Marca interna Bomba 3 reserva	Correcto
			M7006.7: Negado Primera reserva Bomba 3	Correcto
		M7003.5: Negado Local remoto	M7007.0: Primera reserva bomba 2	Correcto
			M7007.1: Negado Primera reserva bomba 1	Correcto
			MW15000= 0 segundos	Correcto
			MW15004= 2 segundos	Correcto
			MW15008= 4 segundos	Correcto

8.2.3. SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN CAJAS 8-15.

Mando Local:

En mando local, las bombas se pueden prender indiferentemente de una secuencia preestablecida en funcionamiento remoto (figura 8.14 literal A), sin embargo, si estas presentan una alarma mientras estén encendidas, no se apagan (figura 8.14 literal B) a menos que se lo haga manualmente, y al encenderlas de nuevo, estas no se energizarán hasta corregir la alarma (figura 8.14 literal C y D).

Se podrán encender las tres bombas a la vez de manera manual, y sea cual sea el orden de encendido que escoja el operario, las bombas deben esperar unos segundos para arrancar después del arranque de cualquiera que fuera encendida anteriormente.

Si el sistema presenta niveles mínimos de aceite en el reservorio, mandará a apagar el sistema automáticamente, y el operario no podrá arrancar manualmente hasta que pasen 3 minutos después de corregido el problema.

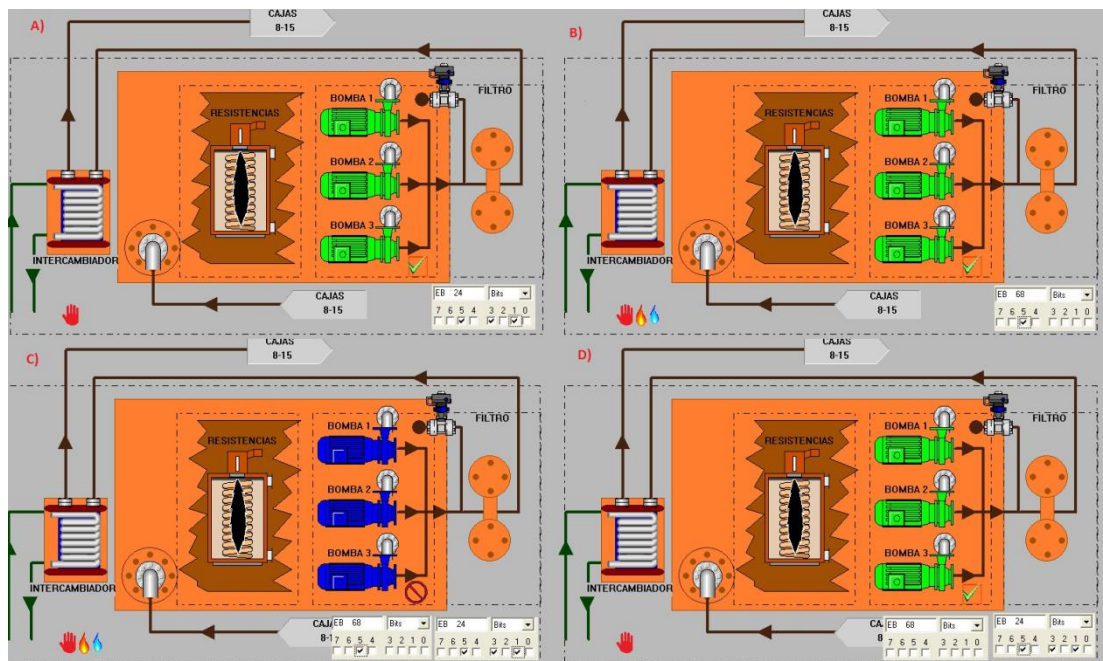


Figura 8.15.- Prueba manual encendido de bombas LUB2.

Mando Remoto:

Las tablas contendrán las variables que deben estar activadas para que de paso a la ejecución de la acción, como encendido y apagado de equipos, alarmas y alertas de seguridad, permitiendo verificar que las condiciones se encuentren a los parámetros funcionales de los servicios auxiliares del sistema.

Tabla 8. 4

Simulación Sistema Lubricación Cajas 8-15.

Sistema de Lubricación Caja 8-15				
#	Acción	Señales que deben estar activas	Señales que se Activan	Funcionamiento
1	Función Laminación	Ninguna	M7010.4: Habilitador	
2	Solicitud Marcha M2006.4	M7010.5: Negado Local remoto	M7011.0: Marca Interna Solicitud marcha grupo	Correcto
			M7013.3: Vigilancia de arranque en secuencia	Correcto
			A6.7: Arranque Bomba 1	Correcto
			A7.0: Arranque Bomba 2	Correcto
			A7.1: Arranque Bomba 3	Correcto
3	Solicitud Local remoto M2006.3	Ninguno	M7010.5: Enclavamiento Local Remoto	Correcto
4	Solicitud Paro M2006.5	M7010.5: Negado Local remoto	M7013.4: Negado Marca Interna marcha grupo	Correcto
			M7010.2: Negado Vigilancia de arranque secuencia	Correcto
			A6.7: Negado Marcha Bomba 1 Secuencia	Correcto
			A67.0: Negado Marcha Bomba 4 Secuencia	Correcto
			A7.1: Negado Marcha Bomba 3 Secuencia	Correcto

8.2.4. INDICADORES MOVIMIENTOS HIDRAULICOS CAJAS 1-15 EN HMI.

Las señales que entran al HMI como indicadores, son señales esenciales para saber si el tren puede entrar en las funciones de Laminación, movimientos hidráulicos y movimientos JOG.

Las señales que se indican son las de Bloqueo de Ampuestas, Bloqueo de Cardan, Bloqueo mordazas (bloqueo de caja) y listo para laminar.

Cuentan con botones de reset individuales que permiten reiniciar las señales e indicar el estado actual de los sistemas. Por ejemplo, al momento de entrar en cambio de estado una de estas señales, el sistema indica el cambio, y si este cambio regresa a la normalidad, en el HMI aún se mantendrá indicando el cambio hasta que se oprima el botón de reset individual correspondiente a dicha caja. También cuenta con un botón de reset general que da la orden de reiniciar los indicadores de todas las cajas. En la figura 8.15 se indica el estado del HMI. Las señales de ampuestas bloqueadas aparecen encendidas debido a que son señales negadas.



Figura 8.16.- Pantalla Movimientos Hidráulicos cajas 1-15.

Las señales de bloqueo cardan de las cajas 1 y 2 aparecen siempre activadas, ya que estas cajas no tienen cardan y son sistemas directos de los rodillos al motor.

8.2.5. SIMULACIÓN MOVIMIENTOS HIDRAULICOS.

Ajuste de luz: Para que se pueda dar inicio al ajuste de luz se debe tener las condiciones de:

- 1) Permiso de Movimientos Hidráulicos o Permiso de laminación en el caso de ajustar luz durante laminación.
- 2) No se debe estar ejecutando el movimiento de cambio de pase.

- 3) Cardan de dicha caja esté conectado.
- 4) Caja seleccionada.
- 5) Caja bloqueada.

La simulación se la hará para la caja 1, por lo que se debe tener activados los siguientes bits y condiciones.

Tabla 8. 5

Simulación Movimiento Luz Caja 1.

AJUSTE LUZ CAJA 1			
Señal	Observación	Activa	Descripción
E26.5 PULSO	Pulso para pedir permiso mov hicos		
M7001.0	Hidráulico funcionando	M7018.5	Permiso Mov Hicos
M7016.0	Motores Desbaste Parados		
M7016.1	Motores Desbaste Bloqueados		
E17.4	No Fallo de electroválvula caja 1	M10401.4	Auxiliar
E26.0	Caja 1 seleccionada		
A22.3	No Electroválvula extraer caja 1	M10400.5	Auxiliar
A22.2	No Electroválvula Introducir caja 1		
M7019.6	Cardan Conectado Siempre On	M10400.0	Auxiliar
E43.0	Bloqueo caja 1	M10401.2	Auxiliar
M7017.7	Caja 1 seleccionada	M10402.3	Auxiliar
E27.4	Solicitud Abrir Luz desbaste	A22.1	Ev Abrir Luz C1

Cardan: Para que pueda darse el movimiento hidráulico de conexión desconexión caja cardán, se requiere de las siguientes condiciones tanto para desconectar cardán como para desconectar cardan.

- 1) Permiso de Movimientos Hidráulicos.
- 2) No fallo en la electroválvula.
- 3) No debe Haber Movimiento de Abrir Luz.
- 4) No debe haber movimiento de extraer caja o introducir caja.
- 5) Debe estar seleccionada la caja.

La simulación se la hará para el caso de la caja 3, por lo que la tabla 8.5 indica los bits y condiciones necesarios para el accionamiento del movimiento.

Tabla 8.6**Simulación Conexión Desconexión Caja 3.**

CARDÁN CAJA 3			
Señal	Observación	Activa	Descripción
E17.4	No Fallo de electroválvula caja 1	M10401.4	Auxiliar
E26.2	Caja 1 seleccionada		
E26.5 PULSO	Pulso para pedir permiso mov hicos		
M7001.0	Hidráulico funcionando	M7018.5	Permiso Mov Hicos
M7016.0	Motores Desbaste Parados		
M7016.1	Motores Desbaste Bloqueados		
A24.3	No abrir luz caja 3	M10400.4	Auxiliar
A24.2	No cerrar Luz caja 3		
E26.2	Caja 3 seleccionada	M7018.1	Selec C3
A24.5	No Ev Extraer caja 3	M10400.5	Auxiliar
A24.4	No Ev Introducir caja 3		
E28.6	Sol Desco Cardán C3	M7016.5	MI Des Car C3
E28.5	Sol Conex Cardán C3	M7016.6	MI Conx Car C3
E45.2	No Cardan Conectado C3	A24.7	Ev Conex Cardán C3
E45.4	No Cardan Desconectado C3	A25.0	Ev Desc Cardán C3

Desbloqueo total:**Tabla 8.7****Simulación Bloqueo Total Caja 4.**

Desbloqueo Total Caja 4			
Señal	Observación	Activa	Descripción
E26.5 PULSO	Pulso para pedir permiso mov hicos		
M7001.0	Hidráulico funcionando	M7018.5	Permiso Mov Hicos
M7016.0	Motores Desbaste Parados		
M7016.1	Motores Desbaste Bloqueados		
E17.7	No Fallo de electroválvula caja 4	M10401.4	Auxiliar
E26.3	Caja 4 seleccionada		
A25.5	No abrir luz caja 4	M10400.4	Auxiliar
A25.4	No cerrar Luz caja 4		
A25.7	No extraer Caja 4	M10400.5	Auxiliar
A25.6	No introducir caja 4		
E27.0	Sol Bloqueo	A49.5	Bloqueo caja 4
E27.1	Sol Desbloqueo	A49.6	Desbloqueo Caja 4

Para que pueda darse el movimiento hidráulico de desbloqueo total de la caja, se requiere de las siguientes condiciones y bits activos.

- 1) Permiso de Movimientos Hidráulicos.
- 2) Electroválvulas sin fallar.
- 3) No movimientos de Luz.

- 4) No movimientos de introducir extraer caja.
- 5) Caja Seleccionada.

La tabla a 8.6 indica las condiciones y bits requeridos para poder ejecutar la acción en la caja 4.

Ajuste Canal/Pases:

Tabla 8.8

Simulación Extraer Caja 8.

AJUSTE CANAL 8			
Señal	Observación	Activa	Descripción
M7001.0	Hidráulico funcionando		
M7024.7	Motores parados del Intermedio	M7026.3	Permiso de mov HICOS en intermedio
M7025.0	Motores Bloqueados del Intermedio		
E30.4	Sol mov HICOS en intermedio		
E18.3	No fallo de electroválvulas		
M7025.1	No desbloqueo Ampuestas	M10405.6	Auxiliar
M7025.2	No bloqueo Ampuestas		
E29.6	Selección caja 8		
A32.1	No Abrir Luz C8	M1404.4	Auxiliar
A32.0	No Cerrar Luz C8		
E52.3	No bloqueo caja 8	M10405.6	Auxiliar
E52.5	No en pos Externa	M10404.4	Auxiliar
E29.6	Selección caja 8	M10405.7	Auxiliar
		M10406.2	Auxiliar
E81.1	Sol Extraer Rápido	A32.3	Ev Extraer caja 8
E81.0	Sol Extraer Lento		

Para que pueda darse el movimiento hidráulico de desbloqueo Ajuste canal o cambio pases, se requiere de las siguientes:

- 1) Permiso de Movimientos Hidráulicos.
- 2) No fallo de Electroválvulas.
- 3) No deber haber movimientos de ajuste de luz.
- 4) Desbloqueo total de caja.
- 5) Caja Seleccionada.
- 6) No debe estar en posición dentro cuando se introduje la caja, ni en posición fuera cuando se extrae la caja.

La tabla 8.7 indica los bits y condiciones que debe cumplir la caja 8 para realizar el movimiento.

Bloqueo Ampuestas: Para el bloqueo de ampuestas se deben contar con las siguientes condiciones:

- 1) Hidráulico funcionando.
- 2) Caja Seleccionada.
- 3) Permiso de Movimientos Hidráulicos.

En la tabla 8.7 se indica los bits y condiciones a cumplir para desbloqueo de ampuestas o bloqueo de ampuestas para la caja 9.

Tabla 8.9

Simulación Desbloqueo Ampuestas Caja 9.

AMPUESAS CAJA 9			
Señal	Observación	Activa	Descripción
E31.7	Sol abrir Luz		
E32.0	Sol cerrar luz		
E80.1	Sol Abrir Luz Intermedio		
E80.0	Sol Cerrar Luz Intermedio		
M7001.0	Hidráulico ok	A35.4	Desbloqueo de Ampuestas
E29.7	Caja 9 seleccionada		
E30.4	Sol mov HICOS		
M7024.7	Motores Intermedio Parados		
M7025.0	Motores Intermedio Bloqueados		

Cilindro Extracción verticales: Se debe tener las siguientes condiciones para poder efectuar el movimiento de extracción de cajas verticales.

- 1) Permiso de Movimientos Hidráulicos
- 2) No fallo de las electroválvulas.
- 3) Cardán desconectado.
- 4) No movimientos de ajuste Luz.
- 5) No movimientos de ajuste canal.
- 6) No señal de que ya fue extraída la caja.
- 7) Caja desbloqueada.

En la tabla 8.8 se indica las condiciones y bits requeridos para efectuar el movimiento de extraer caja.

Tabla 8. 10**Simulación Extracción Caja 9.**

EXTRACCIÓN CAJA 9			
Señal	Observación	Activa	Descripción
M7001.0	Hidráulico funcionando		
M7024.7	Motores parados del Intermedio	M7026.3	Permiso de mov HICOS en intermedio
M7025.0	Motores Bloqueados del Intermedio		
E30.4	Sol mov HICOS en intermedio		
E18.4	No fallo de las electroválvulas	M10405.3	Auxiliar
E29.7	Selección de caja 9		
E53.7	Cardan Desconectado C9	10404.1	Auxiliar
A33.7	Abrir Luz caja 9	M10404.4	Auxiliar
A33.6	Cerrar luz caja 9		
A34.1	Bajar caja 9	M10404.5	Auxiliar
A34.0	Subir caja 9		
E54.3	No caja Afuera	Cond Perm	Auxiliar
E32.1	Sol Extraer Carro	A35.1	Ev Extraer Caja 9
E32.2	No sol intro Carro		

Transmisión cajas verticales: Para realizar el movimiento de colocar y retirar el eje de transmisión de las cajas verticales se debe tener las siguientes condiciones.

- 1) Permiso de movimientos Hidráulicos.
- 2) No fallo de las electroválvulas.
- 3) Bloqueo de giro de la caja.
- 4) No debe estar realizándose Giro
- 5) Transmisión Bloqueada y extraída.

En la tabla 8.9 se indica los bits y condiciones para activar el movimiento en la caja 9.

Tabla 8.11**Simulación Extraer Transmisión caja 11.**

TRANSMISION CAJA 11			
Señal	Observación	Activa	Descripción
E30.4	Sol movimientos Hidráulicos		
M7024.7	Motores Intermedio Parados	M7026.3	Permiso Mov Hicos
M7025.0	Motores Intermedio Bloqueados		
M7001.0	Hidráulico Listo		
E18.6	No fallo de Electroválvulas	M10405.3	Auxiliar
E30.1	Selección caja 11		
E57.2	Bloqueo Giro C11	M10406.2	Auxiliar
A39.3	No Giro Vertical caja 11	M10406.3	Auxiliar
A39.2	No Giro Horizontal Caja 11		
E57.6	No trans fuera C11		
E58.2	No trans Intermedia C11	M10407.1	Auxiliar
E57.4	Caja 11 pos vertical		
E57.3	Caja 11 pos Horizontal		
E57.7	Trans C11 Bloqueada	M10407.2	Auxiliar
E80.4	Sol trans Sacar		
E80.5	No Sol Trans Meter	A39.5	Trans Fuera C11
E32.3	Sol Habilitar Botonera		

Bloqueo del Giro de caja: Para realizar el movimiento de bloquear el giro de las cajas se debe tener las siguientes condiciones.

- 1) Permiso de movimientos hidráulicos.
- 2) No fallo en las electroválvulas.
- 3) La caja no debe estar realizando el giro.
- 4) La caja debe estar en pos horizontal o en pos vertical.
- 5) La caja debe estar seleccionada.

La tabla 8.10 indica las condiciones necesarias y los bits involucrados para la ejecución del bloqueo.

Tabla 8.12**Simulación Bloqueo Giro caja 11.**

BLOQUEO GIRO CAJA 11			
Señal	Observación	Activa	Descripción
E30.4	Sol movimientos Hidráulicos		
M7024.7	Motores Intermedio Parados	M7026.3	Permiso Mov Hicos
M7025.0	Motores Intermedio Bloqueados		
M7001.0	Hidráulico Listo		
E18.6	No fallo de Electroválvulas	M10405.3	Auxiliar
E30.1	Selección caja 11		
A39.3	No Giro Vertical caja 11	M10406.3	Auxiliar
A39.2	No Giro Horizontal Caja 11		
E57.4	Caja 11 pos vertical		
E30.1	Selección caja 11	M10407.4	Auxiliar
E57.3	Caja 11 pos Horizontal		
E31.5	Sol Bloqueo Giro	A39.0	Bloqueo Giro C11
M7034.6	Cond Perm		

Giro a Horizontal cajas convertibles: Para realizar el movimiento de giro de las cajas se debe tener toda condición que no conecte nada a la caja para poder girarla, en la tabla a continuación se pueden apreciar todos los bits y condiciones necesarios para dicho movimiento.

Tabla 8.13**Simulación Bloqueo Giro caja 11.**

GIRO A HORIZONTAL CAJA 11			
Señal	Observación	Activa	Descripción
E30.4	Sol movimientos Hidráulicos		
M7024.7	Motores Intermedio Parados	M7026.3	Permiso Mov Hicos
M7025.0	Motores Intermedio Bloqueados		
M7001.0	Hidráulico Listo		
E18.6	No fallo de Electroválvulas	M10405.3	Auxiliar
E30.1	Selección caja 11		
A37.5	No Abrir Luz caja 11		
A37.4	No Cerrar Luz Caja 11	M10404.4	Auxiliar
E30.1	Selección caja 11		

CONTINÚA →

A37.7	No Extraer Caja C11		
A37.6	No Intro Caja C11	M10404.5	Auxiliar
E56.6	Bloqueo Caja 11	M10405.2	Auxiliar
E56.4	Cardán Bloqueado C11	M10404.0	Auxiliar
E57.0	No Pos Extrema canal C11	M10404.7	Auxiliar
E56.7	Pos Interna Canal Caja 11	M10406.7	Auxiliar
E30.1	Selección caja 11	M10405.0	Auxiliar
E57.5	No Transmisión adentro	M10407.3	Auxiliar
E57.2	No bloqueo Giro Columna	M10407.7	Auxiliar
E57.3	No caja pos Horiz	M10408.0	Auxiliar
E32.5	No Sol girar Vertical	A39.2	Giro Bajar a
E32.4	Sol girar Horizontal		Horizontal

Movimiento JOG cajas: El movimiento JOG de las cajas genera el permiso y señales de mando para mover el motor, las órdenes se mandan a través de la red Ethernet al PLC 10 de DANIELI que controla el movimiento de los motores. Las condiciones que debe cumplir para los movimientos JOG en caja 15 están en la tabla 8.12.

Tabla 8.14

Simulación Movimientos JOG caja 15.

MOVIMIENTOS JOG CAJA			
Señal	Observación	Activa	Descripción
E33.4	Permiso jog acabador		
M7040.0	Motores acabador parados		
E58.5	Cardan Bloqueado caja 12		
E58.7	Bloqueo Caja 12		
A40.2	No Intro caja 12		
A40.3	No extraer caja 12		
E60.2	Cardan bloq Caja 13		
E61.0	Bloqueo Giro Caja 13		
A41.7	No extraer caja 13		
A41.6	No extraer Caja 13		
A42.5	No bloqueo Auxiliar		
E60.4	Bloqueo de la caja 13		
A43.4	No mov transmisión adentro caja 13		
A43.5	No mov transmisión fuera caja 13		
E61.2	Pos vertical caja 13		
E61.4	Transmisión fuera caja 13		Permiso de
E62.4	Cardan bloqueado caja 14		movimientos Jog
E62.6	Bloqueo caja 14	M7050.4	para el sector

CONTINÚA →

E62.6	Bloqueo caja 14	M7050.4	para el sector
A44.3	No mov extraer caja 14		acabador cajas 12, 13,
A44.2	No mov intro caja 14		14 y 15
E63.7	Cardan bloqueado caja 15		
E64.5	Bloqueo Giro caja 15		
A47.1	No mov extraer caja 15		
A47.0	No mov intro caja 15		
A47.7	No bloqueo Auxiliar caja 15		
E64.1	Bloqueo caja 15		
A48.6	No mov trans dentro caja 15		
A48.7	No mov trans fuera caja 15		
E64.6	Pos horiz caja 15		
E65.5	Trans en pos intermedia caja 15		
E65.2	Trans bloqueada caja 15		
E59.2	No desbloq Ampuestas caja 12		
E60.7	No desbloq Ampuestas caja 13		
E63.1	No desbloq Ampuestas caja 14		
E64.4	No desbloq Ampuestas caja 15		
E33.1	Sol selección caja 15		
E34.5	No Sol abrir luz acabador		
E34.6	No Sol cerrar luz acabador	M7048.0	Auxiliar
E36.2	No Sol Botón Abrir luz		
E36.1	No Sol botón cerrar luz		
E34.2	Sol Jog Adelante	M6012.3 o	Movimiento Jog
E34.1	Sol jog Atrás	M6012.2	Adelante Atrás

8.2.6. SIMULACIÓN DEL SISTEMA SALIDA DEL HORNO-ENTRADA AL TREN.

El control del sistema de salida del horno entrada al tren se divide en 5 que son camino de rodillos a la salida del horno, transferidor de palanquillas, expulsor de palanquillas, camino de rodillos a la entrada al tren y pich roll. A continuación se detalla el funcionamiento de cada uno.

8.2.6.1 SIMULACIÓN DEL SISTEMA CAMINO DE RODILLOS A LA SALIDA DEL HORNO.

El camino de rodillos recibe la palanquilla que sale por la puerta del horno. Este camino de rodillo se prende al momento que se abre la puerta para ayudar a la lanza a sacar la palanquilla del interior del horno y ubicarlo en la zona del transferidor. Una vez la puerta del horno se cierra, pasan 5 segundos y se apagan los motores del camino de rodillos. Existe un sensor que verifica la existencia de palanquilla a la salida del horno, lo que da paso para el control del transferidor.

Modo Manual: Al momento de estar activado el modo manual se encenderá una señal verde al costado superior derecho del botón MANUAL. En este modo se podrán hacer los movimientos desde el HMI mediante pulsadores en la pantalla.

Aparecerá el visto de color verde alado del nombre de la zona cuando el sistema se encuentre listo para trabajar. En modo manual se puede colocar al camino de rodillos en movimiento adelante, atrás y paro. Para ejecutar el movimiento adelante o movimiento atrás, el sistema debe estar parado como se indica en la figura 8.16 literal B, ya que no permitirá pasar de modo adelante a modo atrás sin detener primero el camino de rodillos como se ve en la figura 8.16 literal C.

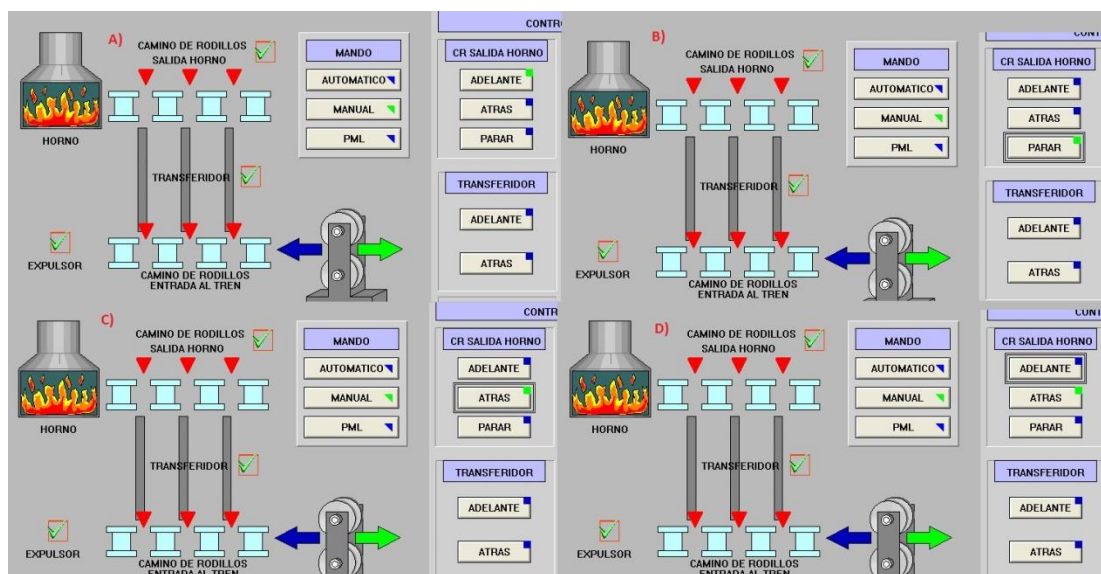


Figura 8.17.- Simulación Manual CR salida horno.

Modo Remoto: En modo remoto, el sistema tiene que cumplir los parámetros de funcionamiento del modo manual, con la diferencia que las ordenes las recibe desde el PML y no desde el HMI.

Modo Automático: El camino de rodillos se enciende al momento de recibir la señal de que la puerta de salida del horno se ha abierto, como se indica en la figura 8.17 literal A. Cuando la puerta se cierra, el camino de rodillos se mantiene activo con movimiento adelante durante 5 segundos más. Como se muestra en la figura 8.17 literal B.

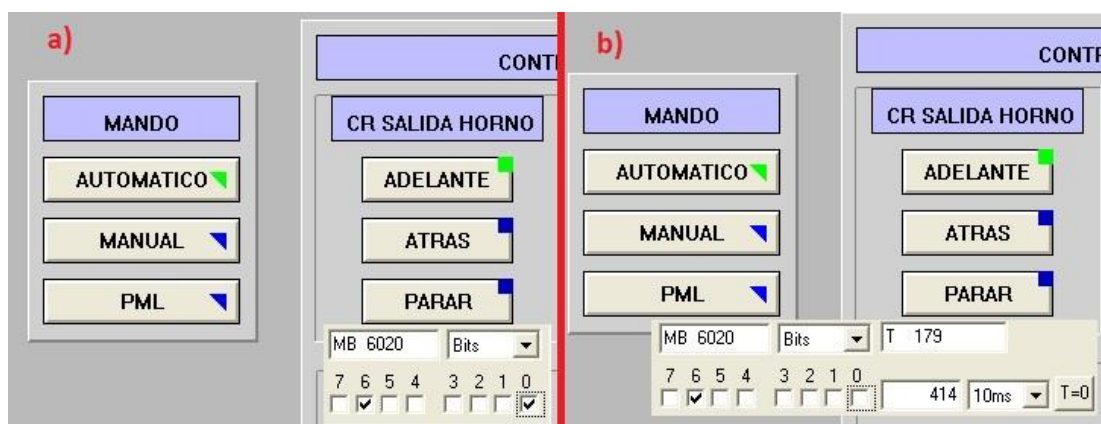


Figura 8.18.- Simulación Automático CR salida horno.

8.2.6.2 SIMULACIÓN DEL SISTEMA TRANSFERIDOR DE PALANQUILLAS.

El transferidor de palanquillas opera en las mismas tres funciones que el camino de rodillos a la salida del horno y su funcionamiento se basa en activar tres motores que mueven tres cadenas que están conectadas a ganchos que jalan la palanquilla del camino de rodillos a la salida del horno hasta el camino de rodillos a la entrada del tren.

Modo Manual: Al momento de estar activado el modo manual se encenderá una señal verde al costado superior derecho del botón MANUAL. En este modo se podrán hacer los movimientos desde el HMI mediante pulsadores en la pantalla.

En modo manual se puede colocar al transferidor en movimiento adelante y atrás. Para ejecutar el movimiento adelante debe estar activado las señales de no fallo del transferidor y la señal de que el transferidor no se encuentran en posición adelante. Se aprecia el detalle en la figura 8.18. El transferidor se detiene cuando recibe la señal de posición adelante.

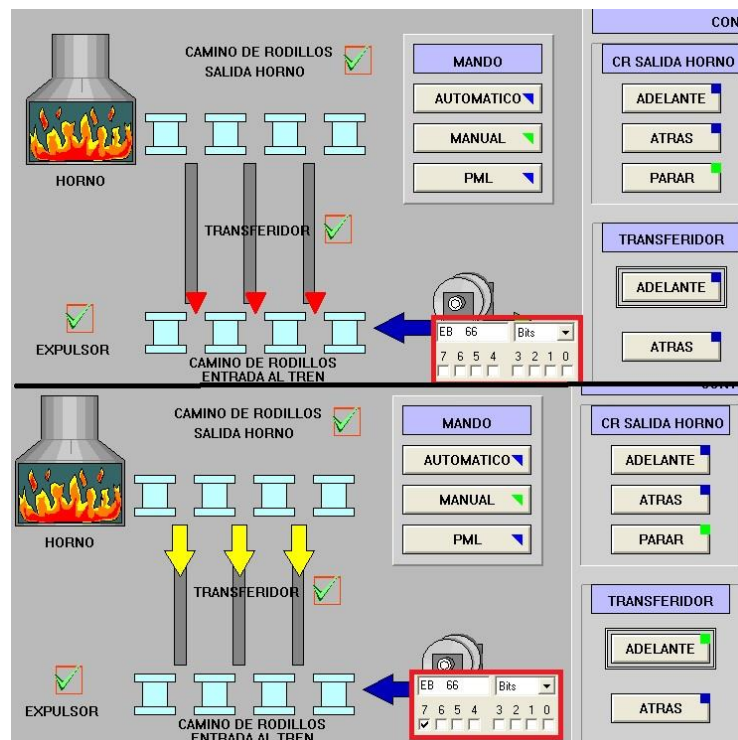


Figura 8. 19.- Simulación Manual Transferidor de Palanquillas.

Modo Remoto: En modo remoto, el sistema tiene que cumplir los parámetros de funcionamiento del modo manual, con la diferencia que las ordenes las recibe desde el PML y no desde el HMI.

Modo Automático: El transferidor se activa cuando recibe la señal de que existe una palanquilla en posición como se muestra en la figura 8.19 literal A. Las señales de palanquilla en camino de rodillos a la salida del horno se desactivan y al momento de llegar el transferidor a la posición adelante se detiene, como se muestra en la figura 8.19 literal B.

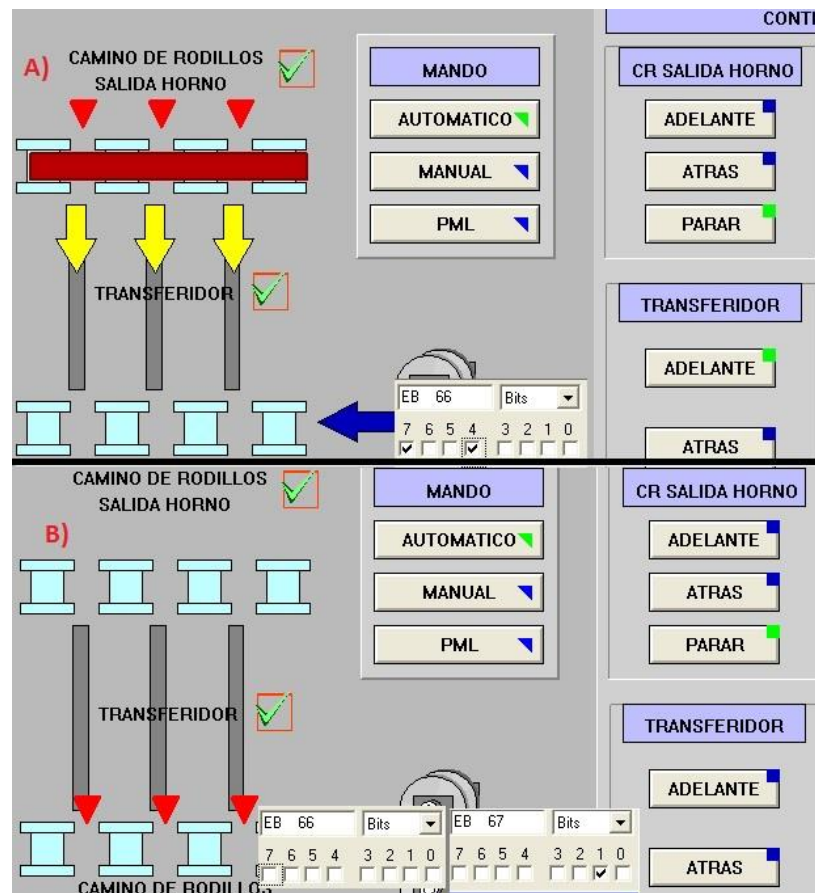


Figura 8.20.- Simulación Automático Transferidor de Palanquillas 1.

Para regresar el transferidor, debe recibir la señal de que la palanquilla llegó a la posición camino de rodillos entrada al tren. Como se muestra en la figura 8.20 literal A. Cuando el transferidor recibe la señal de que ha llegado a la posición atrás, detiene el movimiento y repite la función cuando exista presencia de palanquilla en el camino de rodillos salida del horno, como se muestra en la figura 8.20 literal B.

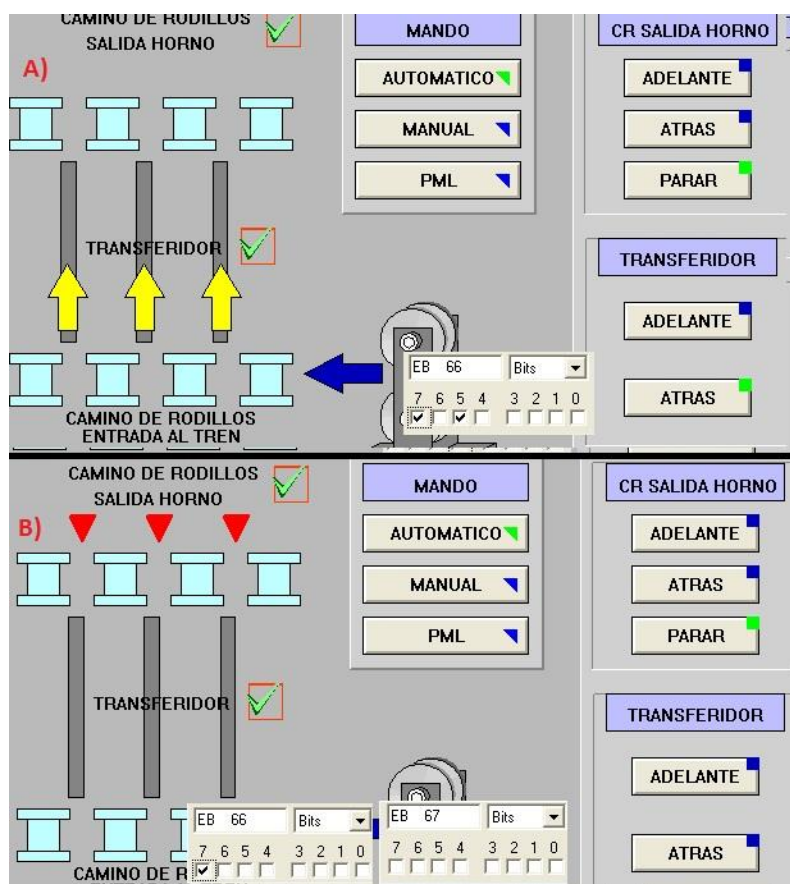


Figura 8.21.- Simulación Automático Transferidor de Palanquillas 2.

8.2.6.3 SIMULACIÓN DEL SISTEMA EXPULSOR DE PALANQUILLAS.

El expulsor de palanquillas opera en las funciones de manual y automático, se basa en activar un cilindro que mueve una palanca que remueve la palanquilla colocada en el camino de rodillos a la entrada del tren.

Modo Manual y Automático: Al momento de estar activado el modo manual o automático se encenderá una señal verde al costado superior derecho del botón MANUAL. En este modo se podrán hacer los movimientos desde el HMI mediante pulsadores en la pantalla.

En modo manual o automático se puede oprimir el botón de expulsar palanquilla, que genera la salida para el actuador que retira la palanquilla, como se muestra en la figura 8.21. Solo se requiere que el sistema hidráulico este encendido para realizar el movimiento.

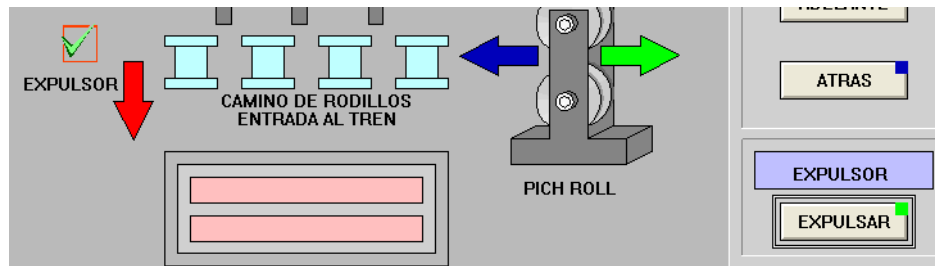


Figura 8.22.- Simulación Expulsor de Palanquillas.

8.2.6.4 SIMULACIÓN DEL CAMINO DE RODILLOS A LA ENTRADA DEL TREN.

El camino de rodillos lleva la palanquilla a la entrada de la caja 1 para que los rodillos laminadores la laminen en desbaste como su primera pasada. Funciona en tres modos que son: automático, manual y local.

Modo Manual: Al momento de estar activado el modo manual se encenderá una señal verde al costado superior derecho del botón MANUAL. En este modo se podrán hacer los movimientos desde el HMI mediante pulsadores en la pantalla que son adelante, atrás y paro. En la figura 8.22 se indica la respuest del modo manual en el HMI. La confirmación del PLC en cada movimiento se indica en el led verde encendido que aparece en la parte superior derecha de cada botón.

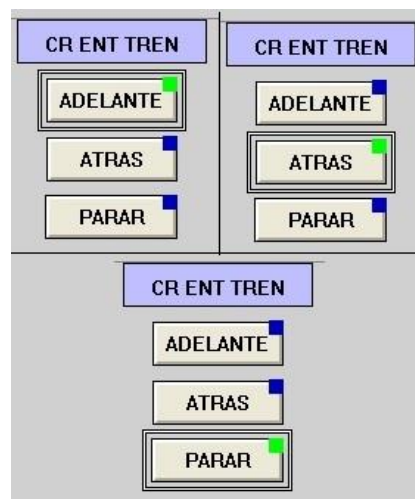


Figura 8.23.- Simulación Camino de Rodillos entrada Tren Manual.

Modo Remoto: En modo remoto, el sistema tiene que cumplir los parámetros de funcionamiento del modo manual, con la diferencia que las ordenes las recibe desde el PML y no desde el HMI.

Modo Automático: En modo automático el sistema deberá responder a dos señales para que el camino de rodillos se active en movimiento adelante. La primera señal es, presencia de palanquilla en el camino de rodillos entrada al tren, activada y la segunda señal es que no debe haber presencia de palanquilla en la caja uno. La señal de presencia de palanquilla en la caja uno se la recibe desde el PLC10 de DANIELI. En la figura 8.23 se indica como el sistema reacciona cuando recibe estas dos señales en modo automático.

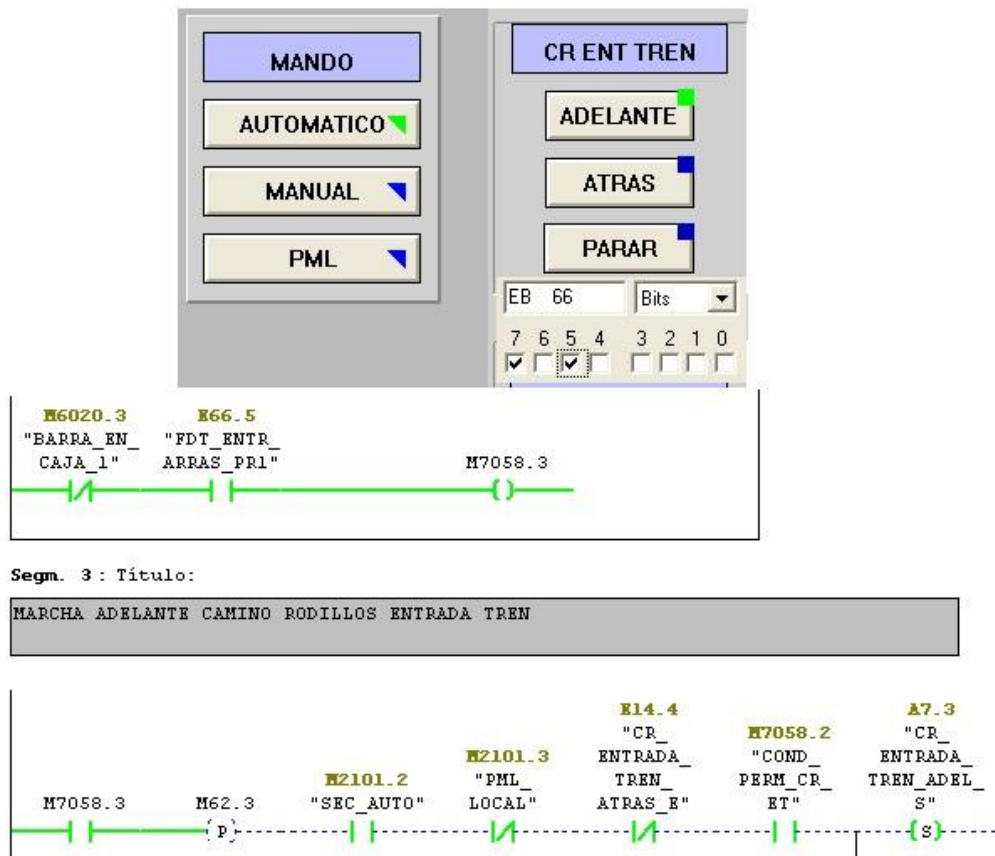


Figura 8.24- Simulación Camino de Rodillos entrada Tren Manual.

8.2.6.5 SIMULACIÓN PINCH ROLL ENTRADA AL TREN.

El Pinch roll a la entrada al tren permite ingresar la palanquilla al primero rodillo laminador, impidiendo que este no pueda ser introducido entre los rodillos de la caja 1. Opera en las tres funciones que son: automático, manual y local.

Modo Manual: Al momento de estar activado el modo manual o automático se encenderá una señal verde al costado superior derecho del botón MANUAL. En este modo se podrán hacer los movimientos desde el HMI mediante pulsadores en la pantalla. A continuación se muestran en la figura 8.22 las respuestas del HMI cuando se da la orden de atrás pinch roll y cerrar pinch roll.

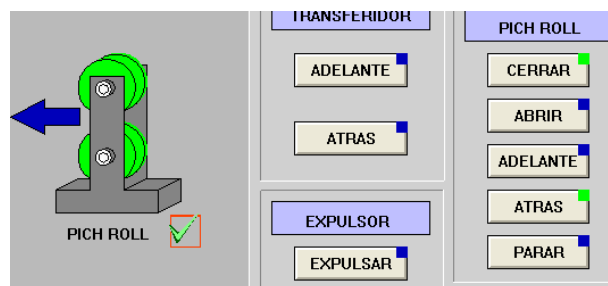


Figura 8. 25.- Simulación Pinch Roll Manual.

Modo Local: El modo local responde a las mismas condiciones del modo manual, solo que las órdenes ya no se reciben desde el HMI sino desde el PML correspondiente.

Modo Automático: El modo automático cumple con el siguiente funcionamiento. Cuando existe la señal de presencia de palanquilla en el camino de rodillos a la entrada del tren y la señal de que está en movimiento adelante el camino de rodillos entrada al tren, el programa cuenta 3 segundos para poder cerrar el pinch roll (figura 8.23 literal C). Además cuando se da la señal de que el camino de rodillos entrada tren se activó con movimiento adelante, pasan 0.1 segundos y se activa el movimiento adelante del pinch roll (figura 8.23 literal C). El movimiento adelante del pinch roll se apaga cuando el camino de rodillos entrada tren entra en paro y por último el pinch roll se abre después de seis segundos de haberse cerrado (figura 8.23 literal D). En la figura 8.23 literal A se indica el inicio del ciclo de respuesta del HMI en modo automático.

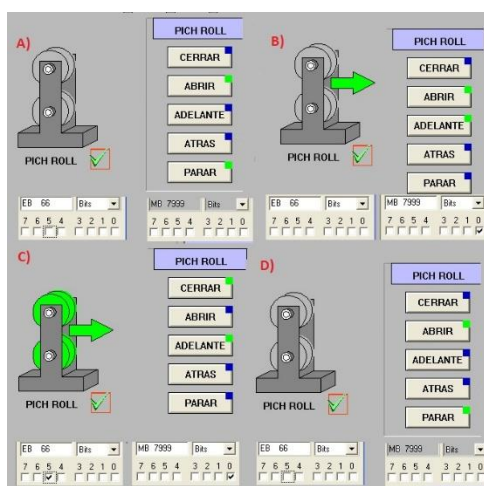


Figura 8.26- Simulación Automático Camino de rodillos Entrada Tren.

8.2.6. SIMULACIÓN DEL SISTEMA AIRE ACEITE.

El sistema aire aceite tiene su propio PLC que lo controla, por lo que únicamente se manda señales de encendido y apagado. La orden de marcha se da automáticamente cuando hay algún motor encendido. Si no existen motores encendidos, aire aceite puede ser activado con la orden desde el HMI. El sistema se apaga automáticamente cuando no hay cajas en el tren y de da la orden de apagado.

La figura muestra los resultados de la simulación y la tabla indica los bits que interactúan para los mandos.

Tabla 8.15

Simulación Sistema Aire Aceite.

Sistema Aire-Aceite				
#	Acción	Señales que deben estar activas	Señales que se Activan	Estado
1	Solicitud de Marcha M2010.5	Ninguno	A4.2: Marcha Aire Aceite	Correcto
2	Solicitud Paro M2010.6	Ninguno	A4.2: Negado Marcha Aire Aceite	Correcto

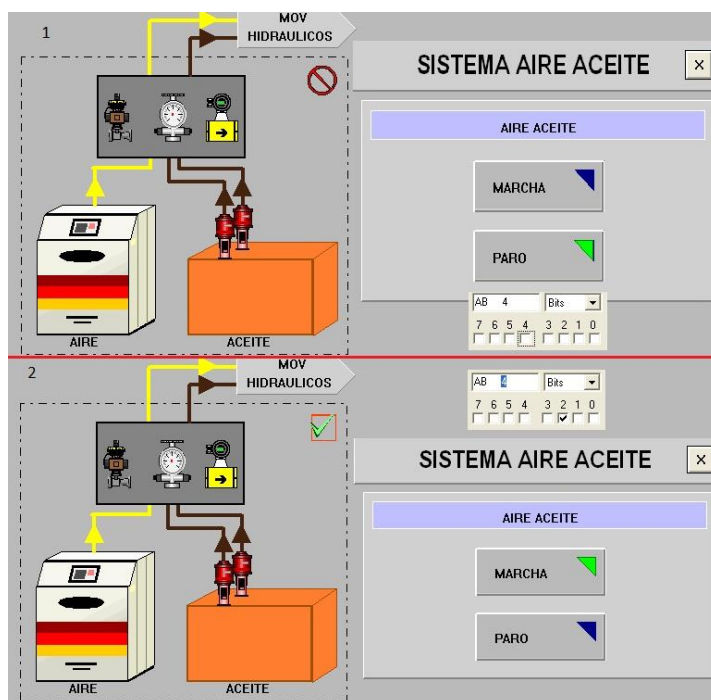


Figura 8.27- Simulación Aire Aceite.

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES.

- El estudio técnico de los sistemas auxiliares del tren Bascotecnia reunió datos en cuanto al estado y funcionamiento de los equipos de hardware e hidráulicos permitiendo desarrollar el diseño de los equipos de control, estructura, codificación y optimización de programación además de realizar el análisis de estado del sistema de suministro de aceite a presión para los movimientos auxiliares y entregar un informe final donde se detallan todos los inconvenientes y posibles problemas que pueda presentar en un futuro.
- El estudio del código de programación de los servicios auxiliares del tren Bascotecnia permitió dar paso la reestructuración del código de control en lenguaje KOP mediante el software de Step 7 respondiendo a los parámetros funcionales del equipo. De esta manera, el control se asemeja mucho a la operación actual del equipo a excepción de algunas optimizaciones.
- Dentro del Hardware necesario para el correcto funcionamiento de la maquinaria se debe tener claros ciertos factores fundamentales como son: accesorios, la o las marcas de los equipos de interés, seleccionar equipos ya existentes dentro de la empresa para facilitar su cambio y su compatibilidad de repuestos, las dimensiones de tableros y demás soportes para equipos, el número de entradas y salidas tanto digitales (Mayoría de entradas) como analógicas, las extensiones necesarias de cables, dejar reservas en puntos estratégicos del tablero previendo posibles actualizaciones y por último contar con todas las protecciones para los equipos de control como el PLC y demás hardware delicado.
- El diseño de las pantallas HMI en InTouch, está estructurado para poder conectarse a la red de ANDEC S.A y permitir el intercambio de datos así como su acceso a la programación desde cualquier punto de entrada Ethernet de la red.

- Al usar red PROFIBUS para comunicar por medio de módulos remotos las señales de los pulsadores y selectores, se ahorró mucho trabajo debido a la gran disminución en la densidad de cables que van del PML al PLC.
- El tipo de sensores digitales, no es indispensable conocer a detalle para el dimensionamiento del PLC, basta con saber el funcionamiento general del mismo para realizar el conteo de E/S, no siendo así el caso de las E/S analógicas ya que hay entradas que permiten el ingreso de varios bits, en este caso se seleccionó la SM 331 8AI 16 bits Sep. Galv. de marca SIEMENS.
- La evaluación del sistema hidráulico indicó que el estado en que trabaja está dentro de los parámetros recomendados por el fabricante, lamentablemente queda inconcluso el análisis de vibraciones dejando a las bombas y motores instalados con falta de este estudio.
- Pese a su buen estado, el sistema hidráulico de acuerdo a la norma DIN 31 051 para la conservación de sistemas hidráulicos mostrada en la tabla 3.8, tiene falencias en el mantenimiento de ANDEC, que cumple con un buen cuidado del fluido, el filtro es cambiado periódicamente, pero no así las fugas, que es una falencia por el mal estado de tuberías, no se realizan inspecciones en los cojinetes de los motores del sistema y aunque la norma lo recomienda, en ANDEC, no es factible un control de ruidos dentro del sistema hidráulico ya que el resto de maquinaria produce mucho más ruido.
- Las tuberías del sistema hidráulico más afectadas son las de desbaste, estas tuberías presentan pérdidas de espesores más significativas, seguidas de las cajas convertibles 11, 13, 15 que poseen una red de tuberías más grande que el resto de cajas para el abastecimiento de aceite y finalmente los retornos de las cajas 10 y 12 que aunque no tienen presión, el estado del aceite con niveles elevados de impurezas causa deterioro en las paredes de la tubería. Se detalla mejor en la sección 4.3.1.1.
- El uso de remotas para el intercambio de señales entre el PLC y los PML facilitan el cableado, ya que disminuyen la cantidad de líneas tendidas. Las

remotas reciben las señales de los pulsadores por medio de entradas individuales tal como lo hace un módulo de PLC, sin embargo, envía las señales de entrada o salida mediante red profibus.

- Para el proyecto se utilizan una gran cantidad de accesorios para los PML, todos estos son de marca SCHNEIDER-ELECTRIC, a excepción del selector de 2+2 posiciones con cero central de marca General Electric (6) y un selector de 6 posiciones SCHMERSAL (6), esta selección de marcas facilita a la empresa la adquisición de repuestos si llegaran a dañarse alguno de ellos. Además los electrónicos y eléctricos de la planta de laminación recomiendan esta marca por su óptimo desempeño en botoneras instaladas en sistemas DANIELI.
- El costo de la implementación del proyecto es de 150.000 dólares, y representa una inversión necesaria para la empresa, ya que no existen repuestos en el mercado para el PLC System M y cualquier daño a estos equipos haría que el proceso se detenga, el sistema es obsoleto, debe ser cambiado para evitar pérdidas muy costosas.
- Las pérdidas en el sistema hidráulico son del 0.6% en tuberías de media pulgada y del 0.14% en tuberías de tres cuartos de pulgada, por accesorio se pierde un 3% en ambas líneas.

9.2 RECOMENDACIONES.

- Emplear una computadora dedicada para el funcionamiento del HMI de los servicios auxiliares. Las características mínimas del equipo deben ser:
Procesador Core I3, 3Mb de memoria Cache 2.9Ghz de velocidad o superior.
Memoria RAM de 4 Gb.
Disco Duro de 250 Gb.
Sistema Operativo Windows XP Servipack 3.
Monitor de 22 pulgadas o superior.

- Se puede utilizar los datos de velocidades de las cajas para mejorar el control del tiempo y separación entre palanquillas haciendo al sistema más dinámico y flexible. La manera de hacerlo sería sacando el tiempo que demora la palanquilla en pasar por la fotocélula a la entrada al pinch roll y llegar a la fotocélula a la entrada a la caja 2. Mediante la relación de tiempo, distancia, y relación de reducción de área transversal de la palanquilla a la salida de la caja 1, se podría realizar un cálculo para determinar el momento exacto donde la siguiente palanquilla debe entrar al primer juego de rodillos laminadores. Para esto se debe considerar el volumen constante.
- Se recomienda reemplazar las tuberías actuales de hierro negro con cédula 80, por tuberías de acero inoxidable cédula 120, debido a las condiciones precarias a las que se someten las tuberías a diario, el acero inoxidable, al estar en constante con agua y grasa evita corrosión en la capa externa de la tubería, la de hierro negro .
- Al momento de seleccionar accesorios de los PML, se recomienda estudiar los ya existentes, pues al existir una gama tan amplia, en especial cuando se tratan de elementos sencillos como pulsadores, selectores o pilotos luminosos, puede cometer errores que pueden pasar desapercibidos y representar algún retraso al momento de su armado e instalación.
- Se recomienda dentro de lo que es el mantenimiento del sistema hidráulico una inspección de vibraciones ya que no se cuenta con dispositivos que permitan tomar o realizar mediciones para su estudio.
- Para alargar la vida útil del sistema hidráulico, ANDEC debe realizar en su mantenimiento inspecciones en los cojinetes de los motores del sistema.
- Es importante la eliminación de cables que no se usan, mayor atención en la actualización de los planos, ya que si no se lleva un seguimiento de modificaciones, actualmente es un hecho que no es fácil corregir, pero una

vez se implemente este proyecto, se tienen archivos CAD modificables y de simple entendimiento para realizar este tipo de seguimiento.

- Una vez realizados los cálculos en de pérdidas en las tuberías, se recomienda realizar pruebas en tiempos de parada, para medir caudales y presiones a la salida de las bombas, en la entrada al Banco de válvulas y al punto donde se realiza el movimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDEC. (s.f.). *Acerías Nacionales del Ecuador*. Obtenido de <http://www.andec.com.ec/>
- BAZTAN, F. (s.f.). *Acero Ferre Baztan S.A de C.V*. Obtenido de <http://www.aceroferrebaztanqro.com.mx/>
- Dunbarton School District. (2012). *mechanical systems evaluation and assessment*. Dunbarton.
- Electric, G. (2013). *Control and signalling units*. Northampton.
- Electric, S. (2013). *Catálogo de accesorios*.
- Endara, F. (2009). *Mantenimiento de sistemas hidráulicos*. Bogotá.
- Enríquez Berciano, J. L., Tremps Guerra, E., De Elío de Bengy, S., & Fernández Segovia, D. (2010). *Monografías Sobre la Tecnología del Acero Parte II*. Madrid.
- Espinoza, J. S. (2010). *Sistemas hidráulicos principios*. Buenos Aires.
- Furukawa. (2012). *Soluciones inteligentes para infraestructuras de redes*. Curitiva.
- Gómez, Y. S. (2006). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS SIMULADORES PARA*. Medellín.
- HolderDine. (s.f.). *ALL.BIZ*. Obtenido de <http://2063.ec.all.biz/>
- Industrias Lagun-Arte, S.A.;. (1999). Nortek Sistemas de Engrase. *Centrales Aceite Reductores*. Zaragoza, España.
- Ingelectric-Team, S. (1988). Manual de Uso SISTEAM M: Software del Sistema. *SISTEAM M: Software del Sistema Rev.- 10/97*. Madrid, España: Grupo Ingeteam.
- Josef Weigmann, G. K. (2010). *Decentralization with PROFIBUS-DP. Architecture and Fundamentals*. Verlag: MCD.
- Joskowicz, J. (2008). *Cableado estructurado*. Montevideo.
- Maser, G. (s.f.). *Grupo_Macer*. Obtenido de www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Step/step7/
- Parker Worldwide. (2008). *The Handbook of Hydraulic Filtration*. Huston.
- Ponsa, P., & Granollers, A. (2009). *Diseño de Pantalla*. Cataluña, España.
- quiminet*. (22 de Jun de 2011). Obtenido de <http://www.quiminet.com/articulos/que-es-el-acero-negro-y-cuales-son-sus-principales-caracteristicas-61225.htm>
- Relaciones Externas del BID. (2011). *Evaluación de sistemas de bombeo de agua*. Wasington D.C.

- Salazar, C. (2005). *Medición de espesores de tuberías*. Monterey.
- Siemens. (2014). *Catálogo lista de precios*. Quito.
- Siemens. (2014). *Catálogo Ofertas de automatización*. Hannover.
- Siemens. (2014). *Programación Siemenes*. Obtenido de proqramacionsiemens.com
- Siemens. (2015). *IM 153-1/153-2*.
- Siemens. (2015). *Product data sheet 6EP1333-3BA00*.
- Siemens. (2015). *Product data sheet 6ES7131-4BD01-0AA0*.
- Siemens. (2015). *Product data sheet 6ES7132-4BD02-0AA0*.
- Siemens. (2015). *Product data sheet 6ES7138-4CA01-0AA0*.
- Siemens. (2015). *Product data sheet 6ES7151-1AA05-0AB0*.
- Siemens. (2015). *Product data sheet 6ES7321-1BL00-0AA0*.
- Siemens. (2015). *Product data sheet 6ES7322-1BL00-0AA0*.
- Siemens. (2015). *Product data sheet 6ES7331-7NF10-0AB0*.
- Siemens. (2015). *product data sheet 6ES7390-1AF30-0AA0*.
- Siemens. (2015). *Product data sheet 6ES7400-1TA01-0AA0*.
- Siemens. (2015). *Product data sheet 6ES7414-3EM06-0AB0*.
- Siemens. (2015). *Product data sheet 6ES7964-2AA04-0AB0*.
- Siemens. (2015). *Product data sheet 6ES7972-0BA52-0XA0*.
- Siemens. (2015). *Product data sheet 6XV1830-0MH10*.
- Siemens. (2015). *S7-400S7-400 Automation System Module Data*.
- Siemens. (2015). *Sistema de periferia descentralizada ET200M*.
- UNIFELSA. (s.f.). *UNIFELSA*. Obtenido de <http://www.unifelsa.com/>
- Universidad de Valencia. (s.f.). *Sistemas Industriales Distribuidos.*, (págs. 39-40). Valencia.
- Vemacero. (2012). *Catálogo espesores en tuberías*. Barquisimeto.
- Vickers. (2008). *Manual de oleohidráulica industrial*. Milanesado: Blume.

ANEXOS

Distribución de tuberías del sistema hidráulico

- Planos de construcción
- Planos de conexiones eléctricas.
- Planos de entradas y salidas
- Planos de Tablero y Botoneras
- Configuración de la red